

**UNTERSUCHUNGEN ZUR ANREGUNG
DES WACHSTUMS DER PANSENSCHLEIMHAUT DES RINDES
DURCH INTRARUMINALE APPLIKATION VON BUTYRAT
UND PROPIONAT, ÖNANTHSÄURETRIGLYCERID
ODER FÜTTERUNGSMASSNAHMEN**

ALBRECHT J. PFAHLER

Disbui. München

1988





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554801_0017

Aus der Medizinischen Tierklinik
(Lehrstuhl für Innere Krankheiten der Klauentiere)

Vorstand: Prof. Dr. Dr. h. c. G. Dirksen
und dem

Institut für Tieranatomie
(Tieranatomie II, insbesondere Allgemeine Anatomie,
Histologie und Embryologie)

Vorstand: Prof. Dr. F. Sinowatz
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Arbeit angefertigt unter Anleitung von
Prof. Dr. Dr. h. c. G. Dirksen und Prof. Dr. H. G. Liebich

Untersuchungen zur Anregung des Wachstums der Pansen-
schleimhaut des Rindes durch intraruminale Applikation
von Butyrat und Propionat, Önanthsäuretriglycerid oder
Fütterungsmaßnahmen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-
Universität München

von
Albrecht J. Pfahler
aus
München

München 1987

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: _____ Prof. Dr. M. Rüsse _____

Referent: _____ Prof. Dr. Dr. h.c. G. Dirksen _____

Korreferent: _____ Prof. Dr. D. Giesecke _____

Tag der Promotion: _____ 26. Februar 1988 _____

Die Arbeit wurde durch eine Promotions-
förderung der Konrad-Adenauer-Stiftung
unterstützt.

1914

1914

1914

1914

Meiner Mutter

1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
E I N L E I T U N G	1
L I T E R A T U R O B E R S I C H T	
Der Aufbau der Pansenschleimhaut	3
Das Oberflächenrelief der Pansenschleimhaut und die Verteilung und Größe der Pansenzotten	8
Die Entwicklung der Pansenzotten bei Lamm und Kalb	10
Veränderungen der Pansenschleimhaut beim Wildwieder- käufer in Abhängigkeit von Jahreszeit und Äsung	13
Fütterungsbedingte Veränderungen der Pansenschleimhaut bei Rind und Schaf	16
Die Fettsäuren als Produkte der Verdauungsvorgänge im Pansen und ihre Konzentration im Pansensaft bei unter- schiedlicher Fütterung	20
Die Resorption der flüchtigen Fettsäuren aus dem Hauben-Pansenraum	26
Die Wirkung von intraruminal applizierten flüchtigen Fettsäuren auf die Pansenschleimhaut	30

E I G E N E U N T E R S U C H U N G E N

MATERIAL UND METHODEN

UNTERSUCHTE TIERE UND IHRE HALTUNG	34
UNTERSUCHUNGSPLAN:	34
- Fütterung	34
- Intraruminale Applikation von Na-Butyrat und Na-Propionat, sowie von Önanthsäuretriglycerid	38
- Entnahmestellen der Pansenzotten	39
- Entnahmetechnik und Fixation der Pansenzotten	39
- Entnahmezeitpunkte der Pansenzotten	40
- Palpatorische Beurteilung der Pansenzotten	40
- Morphologische Untersuchungen	40
- Pansensaftuntersuchungen	44

ERGEBNISSE

UNTERSUCHUNGEN AN DER PANSENSCHLEIMHAUT BZW. DEN PANSENZOTTEN

- Ergebnisse der palpatorischen Beurteilung der Pansenschleimhaut/Pansenzotten	47
--	----

III

	Seite
- Länge, Breite und Oberfläche der entnommenen Pansenzotten	47
- Ergebnisse der morphometrischen Untersuchungen der Zottenquerschnitte	56
- Ergebnisse der histologischen Beurteilung der ent- nommenen Pansenzotten	66
PANSENSAFTUNTERSUCHUNGEN	
- Ergebnisse der pH-Messungen	81
- Ergebnisse der gaschromatographischen Bestimmung der Fettsäurekonzentrationen	83
D I S K U S S I O N	104
Z U S A M M E N F A S S U N G	113
S U M M A R Y	115
L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S	117
A N H A N G	141



E I N L E I T U N G

Bei Milchkühen mit hoher Leistung ist während der ersten Wochen post partum eine Häufung von bestimmten Gesundheitsstörungen zu beobachten ("Postpartales Streß-Syndrom"). Sie sind Folge des Unvermögens der Hochleistungskuh, den der Leistung entsprechenden Nährstoffbedarf zu decken.

Wie verschiedene Untersuchungen zeigen, kommt es bei der Kuh mit der Verringerung der Nährstoffaufnahme während der Trockenstehtzeit zu einer Reduzierung der Pansenzottengröße (MAYER u. LIEBICH 1980; LIEBICH et al. 1982). BROSI (1983) bzw. DIRKSEN et al. (1984) stellten fest, daß die Resorptionsleistung der Pansen-schleimhaut für flüchtige Fettsäuren (den Hauptenergielieferanten des Wiederkäuerstoffwechsels) von ihrem Proliferationsgrad abhängig ist, der nach mehrwöchiger energiereicher Fütterung zunimmt.

Es wäre daher wünschenswert, wenn die Kuh bereits zur Kalbung eine voll aufgebaute Pansenschleimhaut hätte, jedoch ohne die bei energiereicher Fütterung auftretende Depotfettbildung mit ihren negativen Folgen (Schwergeburt, hohe Einsatzleistung, Lipomobilisationssyndrom). Dies ist das Dilemma der Hochleistungskuh.

Es sollte daher nach Wegen gesucht werden, die Pansenschleimhaut ohne energetische Überversorgung während der Trockenstehtzeit zur vollen Entwicklung zu bringen und damit der Kuh eine der Leistung entsprechende Energieversorgung bei Laktationsbeginn zu ermöglichen.

Von den Herren Professoren Dr. Dr. h.c. G. Dirksen und Dr. H.-G. Liebich wurde mir vor dem Hintergrund dieser Problematik die Aufgabe übertragen, die wachstumsanregende Wirkung von intra-

ruminalen Infusionen von kurzkettigen Fettsäuren, von Önanth-
säuretriglycerid sowie von Fütterungsmaßnahmen auf die Pansen-
schleimhaut zu untersuchen.

L I T E R A T U R O B E R S I C H T

Der Aufbau der Pansenschleimhaut

Bei lichtmikroskopischer Betrachtung können im Pansenepithel vier Zellagen identifiziert werden: Stratum basale, Stratum parabasale (Stratum spinosum), Stratum granulosum und Stratum corneum (SCHNORR u. VOLLMERHAUS 1967b; STEVEN u. MARSHALL 1970).

Der nachfolgenden Beschreibung des Pansenepithels liegen die Arbeiten von HAUSER (1929), SCHNORR u. VOLLMERHAUS (1967b), STEVEN u. MARSHALL (1970), KAUFFOLD (1975) sowie von HOFMANN und SCHNORR (1982) zu Grunde.

Das Stratum basale sitzt dem Bindegewebe der Propria mucosa einschichtig auf. Die basalen Fußzellen sind vorwiegend hochprismatisch. Die Längsachsen der Zellen liegen im rechten Winkel zur Basalmembran, der sie breitflächig aufsitzen oder sie mit langen Zellfortsätzen berühren, welche von der Basis oder den Seitenflächen der Basalzellen ausgehen. Die sphäroidförmigen, chromatinreichen Kerne liegen im basalen Teil der Zellen. Mitochondrien und freie Ribosomen sind in großer Zahl vorhanden.

Das Stratum parabasale liegt oberhalb (lumenwärts) des Stratum basale. Es umfaßt zwischen 2 und 20 Lagen (meist 6 bis 10) polygonaler Zellen. Zahlreiche langgezogene Zytoplasmafortsätze reichen zum Teil bis an die Basalmembran. Durch kurze Zellfortsätze, mit denen sich benachbarte Zellen berühren, wirken die Zellen stachelig. Die Zellkerne sind bläschenförmig. Zum Stratum granulosum hin erscheinen die Zellen zunehmend abgeflacht (Intermediärzellen).

Das Stratum granulosum ist durch das Auftreten von intrazellulärer Keratohyalin granula gekennzeichnet. Es besteht aus 2-3 Lagen stark abgeflachter Zellen mit gefalteter Membran, sie sind parallel zur Lumenfläche angeordnet. Nach HENRIKSON u. HABEL (1961) kann das Stratum granulosum auch fehlen. Beginnende oder fort-

geschrittene pyknotische Veränderungen kennzeichnen die Zellkerne. Zwei Typen von Körnerzellen werden unterschieden. Die gut anfärbaren tieferliegenden Körnerzellen vom Typ A sind flach und enthalten meist nur kleine Keratohyalingranula. Bei starker Vergrößerung sind noch zahlreiche Zellfortsätze zu sehen, die allerdings kürzer sind als bei den tieferen Zellagen. Körnerzellen vom Typ B, die nach HAUSER (1929) die sogenannte erste Quellung zeigen, sind meist als zusammenhängende Schicht zu erkennen und spindel- bis blasenförmig aufgetrieben. Lichtmikroskopisch erscheinen sie meist homogen. Es handelt sich bei diesem Zelltyp um die größten Zellen des Pansenepithels. Sie erreichen eine Größe von 35 x 45 µm und größer (HOFMANN 1973).

Das Stratum corneum zeigt ein individuell unterschiedliches Bild. Es werden plättchenförmige, diskusförmige und ballonförmige Hornzellen unterschieden.

Die plättchenförmigen Hornzellen bilden sich aus den Körnerzellen. Das Zytoplasma ist zu Keratin umgewandelt, und es sind Kernreste nachweisbar. Das Lumen der Zellen ist allenfalls als Spalt vorhanden.

Die diskus- und spindelförmigen Hornzellen weisen eine breite Randzone aus Keratin und einen erweiterten Zellraum mit wabigem bis homogenem Inhalt auf. Sie gehen aus den Hornplättchen hervor.

Die ballonförmigen Hornzellen haben eine dünne Hornmembran, die häufig zum Pansenlumen hin aufgesprengt ist. Nach HAUSER (1929) sind es Zellen zweiter oder oberflächlicher Quellung. Sie können sowohl aus plättchenförmigen als auch aus diskusförmigen Hornzellen entstehen. Im großen Lumen findet sich zum Teil zentral gelagertes Granulat.

Bläschenförmige Zellen des Stratum granulosum und ballonförmige Hornzellen können unmittelbar aufeinander folgen.

Eine Übersicht über den Aufbau des Pansenepithels gibt Abb. 1.

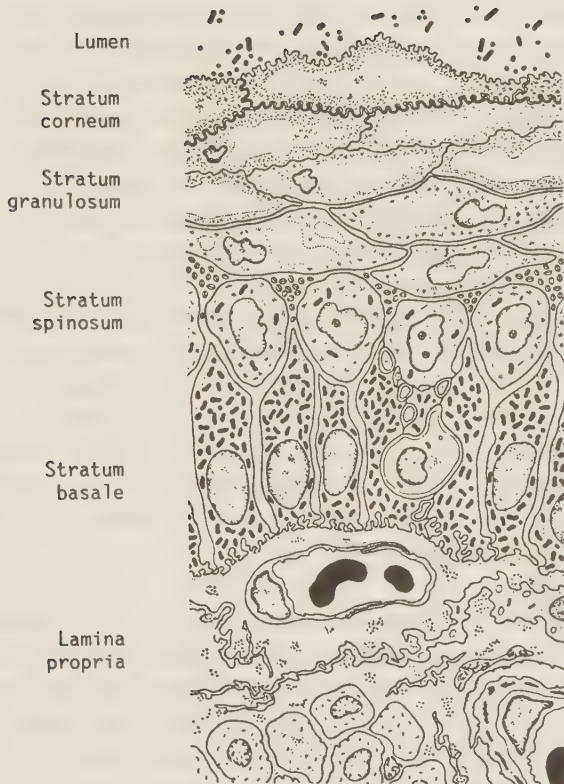


Abb. 1: Schematische Darstellung der Zelllagen des Pansenepithels
(aus STEVEN und MARSHALL 1970)

Die interzelluläre Epithelbarriere wird von flachen, aber auch von diskusförmigen Hornzellen gebildet, die an das Stratum granulosum angrenzen. An den scharfen Rändern benachbarter Hornzellen erfolgt eine charakteristische Verzahnung und ausgeprägte Membranfusion. Dieser Bereich zeigt das typische Bild einer Zonula occludens ("tight junction") und bildet den Hauptbestandteil der epithelialen Barriere. Bei der Umwandlung der barrierebildenden Hornzellen in ballonförmige Hornzellen verschwinden die Zonulae occludentes (SCHNORR u. WILLE 1972). HOFMANN und SCHNORR (1982) sehen daher das Auftreten von gequollenen Hornzellen stets als Ankündigung einer Umstellung der Fermentationsvorgänge im Pansen und die Einstellung des Epithels auf raschere Resorption.

Als Hyperkeratose wird die anormale Verdickung des Stratum corneum durch Zunahme von plättchenförmigen Hornzellen bezeichnet. Dabei ist das Gleichgewicht zwischen Keratinbildung und Desquamation gestört (KAUFFOLD et al. 1976; DIRKSEN 1985).

Unter Parakeratose ist eine Verdickung des Stratum corneum infolge stark beschleunigter Aufwärtswanderung von ballonförmigen, nicht keratinisierten Zellen mit persistierendem Kern zu verstehen (FELL u. WEEKES 1975).

Die Lamina propria mucosae bildet im Bereich der zottentragenden Schleimhaut die bindegewebigen Zottenkörper. Im Zentrum des Zottenkörpers sind die Kollagenfibrillen stark parallel orientiert und dichter gepackt als in den epithelwärts gerichteten Vorsprüngen (KAUFFOLD 1975). Die Pansenzottenkörper tragen leistenförmige feine Bindegewebspapillen, mit denen entsprechende Leisten des Pansenepithels verankert sind. Da diese Bindegewebs- bzw. Epithelleisten von der Zottenspitze zur Zottenbasis gerichtet verlaufen, erscheinen sie auf dem Querschnitt durch den Zottenkörper besonders deutlich (SCHNORR u. VOLLMERHAUS 1967b).

Die Lamina propria mucosae beherbergt auch das Gefäßnetz der Zotten. Nach SCHNORR u. VOLLMERHAUS (1968) hängt die Gefäßverzei-

gung in der einzelnen Pansenzotte von deren Form ab. Die langen und schlanken Zottenformen haben neben einer Zentralarterie, die das Kapillarnetz der Zottenkuppe versorgt, noch zwei an den scharfen Rändern der Zotte aufsteigende Arterien, die die Zottenspitze nicht erreichen. Bei langen und breiten Zottenformen (blattförmige Zotten) findet sich eine vierte Arterie, die die Versorgung kleiner Kapillarnetze an den breiten Seitenflächen der Zotte übernimmt. Die kurzen Zottenformen besitzen allseitig ein subepitheliales Kapillarnetz und ihre 1-4 Zottenarterien verzweigen sich nach allen Seiten.

Die Kapillarnetze mit einer Maschenweite von 50-70 μm sind beim Rind regelmäßig dreidimensional angeordnet.

An der breiten Zottenseite befinden sich abführende Venolennetze in subepithelialer Lage. Kleine und kleinste Sammelvenen leiten das Blut dem mukösen Netz zu (SCHNORR u. VOLLMERHAUS 1968).

Das Oberflächenrelief der Pansenschleimhaut und die Verteilung und Größe der Pansenzotten

Das Vormagensystem bestimmt die ernährungsphysiologischen Besonderheiten und Vorteile des Wiederkäuers. Die Pansenschleimhaut ist ein wichtiger Bestandteil dieses Systems (KAUFFOLD 1975). Sie ist durch fingerförmige Ausbuchtungen, die Zotten, deren Grundlage der Papillarkörper der Schleimhaut ist, durch das typische mehrschichtige Plattenepithel sowie durch eine intensive Blutgefäßversorgung charakterisiert (MICHEL 1978).

Das Schleimhautrelief des Rindes, als Gras- und Rauhfutterfresser, ist durch ein unterschiedliches Zottenverteilungsmuster gekennzeichnet (HOFMANN u. SCHNORR 1982). Der Hauptteil der Pansenschleimhaut, etwa 80 - 85%, ist mit Zotten besetzt; zottenfrei sind beim adulten Rind die Pansenpfeiler (entspricht etwa 12% der Gesamtpansenschleimhaut), sowie ein ausgedehnter Bezirk im dorsalen Pansensack (ca. 7% der Gesamtpansenschleimhaut). Am Grunde des ventralen Pansensackes und in der Kuppe des ventralen Endblindsacks findet sich meist nur ein spärlicher Besatz mit warzen- oder zungenförmigen Zotten. Bei manchen Tieren fehlen sie dort gänzlich (SCHNORR u. VOLLMERHAUS 1967a). Die Form der Zotten ist sehr verschieden. SCHNORR u. VOLLMERHAUS (1967a) unterscheiden beim Rind zwischen warzen-, zungen-, band-, lanzett- und blattförmigen Pansenzotten. Die Zottengrundform bilden nach HOFMANN u. SCHNORR (1982) filiforme Zotten, die in mannigfaltiger Weise abgewandelt sind.

Zwischen hohen Zotten (Hauptzotten) kommen vielfach kleine Zotten (Nebenzotten) vor. Die Hauptzotten eines Rinderpensens weisen als häufigsten Wert eine Höhe von 3-6 mm und eine Breite von 1-2 mm auf. Selten werden 13 mm als Höhe und 3 mm als Breite überschritten (SCHNORR u. VOLLMERHAUS 1967a). BROSI (1983) beschreibt Zotten aus dem Atrium ruminis nach energiereicher Fütterung mit einer durchschnittlichen Höhe von 15,3 mm.

Nach MICHEL (1978) finden sich im Pansen die längsten Pansenzotten und der dichteste Besatz an den Stellen der intensivsten Verdauung und Resorption. Nach HOFMANN u. SCHNORR (1982) sind die Zotten im Atrium ruminis am längsten und ist der Zottenbesatz dort am dichtesten.

Die Dichte der Pansenzotten schwankt zwischen 10 und 60 pro cm^2 , mit Maximalwerten von 121 Zotten pro cm^2 . Beim Rind sind etwa 250000 Hauptzotten auf einer Grundfläche der Pansenschleimhaut von ca. 0,9 m^2 zu finden. Dabei liegt der Vergrößerungsfaktor für die gesamte Oberfläche um 7. Stellenweise kann die Oberflächenvergrößerung durch das Schleimhautrelief das 21-fache der Grundfläche betragen (SCHNORR u. VOLLMERHAUS 1967a). HEMMODA u. BERG (1980) ermittelten an Wasserbüffeln (*Bubalus bubalis*) rund 310 000 Pansenzotten unterschiedlicher Größe, die knapp 77% der Pansenschleimhaut besetzten und zu einer Oberflächenvergrößerung der Pansenschleimhaut um den Faktor 13,7 führten.

Die Entwicklung der Pansenzotten bei Lamm und Kalb

Die Entwicklung des Wiederkäuermagens kann nach DYCE (1968) in eine neonatale, eine Übergangs- und eine Wiederkäuerphase eingeteilt werden.

Pansen und Haube liegen beim Lamm bis zum 78. Gestationstag in gleichförmigen Strukturen vor. Erst danach setzt die Differenzierung ein, wobei die Ausbildung der Pansenzotten nach 104 Tagen erfolgt (FATH EL-BAB et al. 1983). Beim 4-5 cm großen Kälberembryo sind alle vier Magenanlagen gleich groß vorhanden (WARNER u. FLATT 1965). Im 5. Trächtigkeitsmonat beginnt beim Rinderembryo die Zottenbildung im Pansen (ARIAS et al. 1978). Nach Befunden von MICHEL und FLECHSIG (1969) erfolgt die Anlage der Pansenzotten beim Rinderembryo schon bei einer Scheitel-Steißlänge von 145 mm.

Alle foetalen Pansenzotten sind filiform (HOFMANN u. SCHNORR 1982). Nach HOFMANN u. SCHNORR (1982) ist bei geburtsreifen Foeten die Pansenschleimhaut gleichmäßig dicht mit Zotten besetzt, einschließlich der bei Grasfressern postnatal zottenfreien Dorsalwand des Pansens und der Pansenpfeiler. SCHEURMANN u. WEYRAUCH (1983) beschreiben beim neugeborenen Kalb bindegewebige Zottengrundstücke auch im Pansenpfeilerbereich. Dagegen berichten ARIAS et al. (1978), daß die beim adulten Rind beschriebenen unterschiedlichen Zottenlängen im kranialen und dorsalen Pansensack auch schon im foetalen Pansen bestehen. Die Vermutung von TAMATE et al. (1962), daß die flüchtigen Fettsäuren im maternalen Blutkreislauf die Zottenentwicklung beim Kalb auslösen, würde nach ARIAS et al. (1978) aber gleichmäßige Zottenlängen im foetalen Pansen erwarten lassen.

AMASAKI u. DAIGO (1984) vermuten, daß die Anordnung der Pansenzotten beim Rinderfoetus durch die Struktur des zweilagigen Gefäßnetzes der Mikrovaskularisation unter dem Epithel festgelegt wird. Die Anordnung von Kapillarschleifen dieses Gefäßnetzes war in ihren Untersuchungen gleich der Anordnung der Zotten in der

Lamina propria, wobei haarfeine Kapillarschleifen im 3. Gestationsmonat vor der Bildung von Zotten zu beobachten waren.

Die Pansenzotten sind bei der Geburt bis 1 mm lang. Der Pansen ist zu dieser Zeit etwa halb so groß wie der Labmagen (WARNER u. FLATT 1965). Die Vormägen des Kalbes und des Lammes sind zu diesem Zeitpunkt hinsichtlich Funktion und Größe ausgesprochen unterentwickelt (GIESECKE 1967b). Die beim neugeborenen Kalb schon entwickelten Pansenzotten nehmen in den ersten 40 - 65 Lebenstagen an Länge und Dichte ab (ARIAS et al. 1980). Bei reiner Milchfütterung bleiben sie weitgehend unterentwickelt (BROWNLLE 1956; HARRISON et al. 1960; TAMATE et al. 1960). Auch nach 75 Tagen reiner Milchfütterung ist kein Wachstum der Pansenzotten zu beobachten (PRASAD u. ARORA 1977). Dagegen fanden NARENDIA et al. (1982) nach vier Monaten bei ausschließlich mit Milch gefütterten Kälbern dieselbe gut entwickelte Pansenschleimhaut, wie sie bei mit Milch und Kälberstarter gefütterten Tieren auftrat.

Nach Zufütterung pflanzlichen Futters tritt eine deutliche Entwicklung der Pansenschleimhaut auf (BROWNLLE 1956; HARRISON et al. 1960; TAMATE et al. 1962; ANDERSON et al. 1982; u.a.). NOCEK et al. (1984) fanden bei mit einer konzentratreichen Ration gefütterten 20 Wochen alten Kälbern höhere Reticulorumengewichte und einen höheren Mukosaanteil an der Gesamtmasse als bei mit Heu gefütterten Kälbern, die jedoch längere Pansenzotten und einen dichteren Zottenbesatz aufwiesen.

Die Verabreichung von Plastikschwämmen in den Pansen von neugeborenen Kälbern erhöhte zwar das Pansenvolumen und die Dicke seiner Muskelschicht, hatte aber keinen Einfluß auf das Pansenzottenwachstum (TAMATE et al. 1962).

Die Entwicklung der Pansenmukosa ist nämlich weniger vom Alter und der physikalischen Form der aufgenommenen Nahrung abhängig, als von den beim mikrobiellen Abbau anfallenden kurzkettigen Fettsäuren (MC GILLIARD et al. 1965; GIESECKE 1967b). Wie FLATT et al. (1958), SANDER et al. (1959) und TAMATE et al. (1962)

zeigten, wird die Entwicklung der Pansenmukosa beim jungen Wiederkäuer durch die kurzkettigen Fettsäuren, nämlich Butter- und Propionsäure, induziert. Dabei scheint nicht nur die Entwicklung, sondern ebenso die Erhaltung der Pansenmukosa von einer Versorgung mit diesen niederen Fettsäuren abzuhängen (RICKARD u. TERNOUTH 1965; GIESECKE 1967b).

Veränderungen der Pansenschleimhaut beim Wildwiederkäuer in Abhängigkeit von Jahreszeit und Äsung

Bei anatomischen Untersuchungen an 51 Wildwiederkäuerarten stellte HOFMANN (1984) adaptive Veränderungen in allen Teilen des Verdauungssystems in Beziehung zur Futterqualität fest. Dabei sind die beobachteten morphologischen Variationen der Pansenschleimhaut Ausdruck des Evolutionsgeschehens und saisonaler Schwankungen (HOFMANN 1984).

Nach umfangreichen, vornehmlich an ostafrikanischen Wildwiederkäuerarten durchgeführten Studien unterscheidet HOFMANN (1973) drei Äsungsgruppen der Wiederkäuer, die bei freier Futterwahl eine typische Reliefgestaltung der Vormagenschleimhaut aufweisen:

- Konzentratselektierer
- Gras- und Rohfutterfresser
- Intermediärtyp

Zu den Konzentratselektierern zählen ostafrikanische Wildarten wie die Giraffe und das Rüsseldikdik (HOFMANN 1973), aber auch das heimische Reh (HOFMANN u. SCHNORR 1982; HOFMANN et al. 1976). Den Gras- und Rohfutterfressern sind Rind und Schaf zuzuordnen (HOFMANN u. SCHNORR 1982), wie auch Wasserbock und Oryx (HOFMANN 1973). Den Intermediärtyp repräsentieren bei den Hauswiederkäuern die Ziege (HOFMANN u. SCHNORR 1982), bei den heimischen Wildarten das Rot- und Damwild (HOFMANN et al. 1976), bei den von HOFMANN (1973) untersuchten Wildwiederkäuern Impala und Thomsongazelle.

Die Anpassung der Vormagenschleimhaut an die gruppenspezifische Ernährungsweise zeigt sich bei den Konzentratselektierern (bei selektiver Aufnahme meist rohfasearmer, leichtverdaulicher und nährstoffreicher Pflanzen) durch ein gleichmäßig mit Zotten besetztes Pansenschleimhautrelief. Zottenfreie Zonen fehlen meist, auch die Pansenpfeiler sind mit Papillen besetzt (HOFMANN u. SCHNORR 1982).

Das Schleimhautrelief der Gras- und Rauhfutterfresser ist gekennzeichnet durch ein regional unterschiedliches Zottenverteilungsmuster. Das von SCHNORR und VOLLMERHAUS (1967a) ermittelte Zottenverteilungsmuster bei Rind und Ziege erwies sich als gruppenspezifisch für Gras- und Rauhfutterfresser (HOFMANN 1973, HOFMANN u. SCHNORR 1982).

Bei den meisten untersuchten Konzentratsselektierern lag der Faktor für die durch Zotten bedingte Oberflächenvergrößerung der Pansenschleimhaut zwischen 10 und 25, mit Extremen von 5 und 40 (HOFMANN u. SCHNORR 1982), während SCHNORR und VOLLMERHAUS (1967a) beim Rind (Gras- und Rauhfutterfresser) nur Werte von 7 ermittelten. Nach HOFMANN (1973) und LANGER (1974) haben Gras- und Rauhfutterfresser eine geringere resorbierende Pansenoberfläche als Konzentratsselektierer.

Besonders die zur Gruppe des Intermediärtyps gehörenden Wiederkäuer zeigen deutliche Anpassungsvorgänge der Pansenschleimhaut an veränderte Futterarten (HOFMANN 1973). In der Trockenzeit mit reduziertem Angebot an nährstoffreichem, frischem Gras, zeigten die Pansenzotten oberflächliche Verhornung und eine deutliche dicke Barrierezellschicht. Der Papillarkörper der Zotten war schwach entwickelt und die Austauschfläche der subepithelialen Gefäße zum Epithel deutlich reduziert. Zwei bis drei Wochen nachdem frisches Gras verfügbar war, finden sich deutlich vergrößerte Gefäße, ein differenzierter Papillarkörper und eine erhöhte Austauschfläche zwischen Epithel und Venole.

Außerdem wurde eine Zottenverlängerung beobachtet und eine Zunahme des Oberflächenvergrößerungsfaktors in der Dorsalregion des Pansens um das 4- bis 5fache. Nach 6 Wochen entsprach das morphologische Bild der Zotten des dorsalen Pansensackes weitgehend dem der Resorptionszotten des Atrium ruminis (HOFMANN 1973).

Am Rotwildpansen aus der Sommer- und Winterperiode wurden ähnlich deutliche Umbauvorgänge beobachtet. Dabei stieg der Oberflächenvergrößerungsfaktor im Sommer um das 3- bis 4fache (HOFMANN et al. 1976). KÜNIG et al. (1976) stellten eine deutliche Verringe-

rung der resorbierenden Oberfläche des Pansens bei Rehen im Winter fest. Dies wurde verursacht durch einen Rückgang der Zottenbreite und -dichte. Eine Beeinflussung der Pansenzottenlänge wurde von ihnen nicht beobachtet.

Die Verringerung des Oberflächenvergrößerungsfaktors im Winter ist offenbar reversibel, wenn erneut nährstoffreiche Nahrung verfügbar wird und höhere Fermentationsraten mit größeren Konzentrationen an flüchtigen Fettsäuren das Zottenwachstum stimulieren (HOFMANN u. SCHNORR 1982).

Aus dem umgestaltenden Einfluß des jahreszeitlich wechselnden Nährstoffangebots (bei freier Futterwahl) auf Zahl, Form und Größe der Pansenzotten ergibt sich für HOFMANN und SCHNORR (1982), daß Aussagen über das Schleimhautrelief des Pansens ohne Bezug zum Nahrungsangebot ziemlich wertlos sind.

Fütterungsbedingte Veränderungen der Pansenschleimhaut bei Rind und Schaf

Die Pansenschleimhaut weist eine hohe Anpassungsfähigkeit auf, die sich besonders bei Futterumstellungen zeigt (MICHEL 1978). MOON u. CAMPBELL (1973) und FELL u. CAMPBELL (1974) berichten, daß das Gewicht der Pansenmukosa und die Länge der Pansenzotten im dorsalen Pansensack bei Mutterschafen um die Geburt positiv korreliert war zur Futteraufnahme. Dabei wuchs mit der Zunahme der Mukosa auch die metabolische Aktivität der Pansenschleimhaut (FELL u. CAMPBELL 1974).

NOCKELS et al. (1966) ermittelten bei Schafen nach Umstellung von Kraftfutter auf Rauhfutter eine Verringerung der Zottendichte. Bei steigender Menge Rauhfutter in der Ration nahm bei Untersuchungen von BLEICHNER u. ELLIS (1968) die Pansenzottenlänge ab. Eine deutliche Reduktion der Pansenzottenlänge bei Kühen während der Trockenperiode, besonders im ventralen Pansensack, beschreiben MAYER u. LIEBICH (1980). MAYER et al. (1986) stellten bei Kühen nach Fütterung einer energiearmen Trockenstehration eine Abnahme der Größe der Pansenzotten fest.

Nach Umstellung auf Laktationsration wurde eine Zunahme der Zottengröße registriert.

Länge, Breite und Oberfläche der Pansenzotten passen sich dem Energiegehalt des aufgenommenen Futters an. Während bei Fütterung energiereicher leichtverdaulicher Rationen im physiologischen Bereich die Pansenschleimhaut proliferative Erscheinungen zeigt, sind bei energiearmer Fütterung reduktive Vorgänge zu beobachten (BROSI 1983; DIRKSEN et al. 1984).

Warzenartige Erhebungen auf den Pansenzotten fanden KAUFFOLD et al. (1977b) nach energiereichen Rationen.

Weitgehend übereinstimmende Befunde beschreiben MAYER u. LIEBICH (1980), LIEBICH et al. (1982), DIRKSEN et al. (1984), MAYER et al. (1986) sowie LIEBICH et al. (1987) bei der Beurteilung des histologischen Querschnittsbildes der Pansenzotten von Kühen nach

energieärmer und energiereicher Fütterung. Bei hochenergetischer Fütterung im physiologischen Bereich proliferieren insbesondere die Zellen des Stratum parabasale und des Stratum basale zu mehreren Schichten hochprismatischer Zellen. Die Epithelzapfen sind großflächig abgerundet mit einer extrem breiten Basis. Die Interzellularräume sind deutlich erweitert. Die regelmäßig auftretenden Papillae occultae schließen in ihrem terminalen Bereich deutlich erweiterte Gefäße ein. Dagegen findet sich bei energieärmer Fütterung eine reduzierte Anzahl der Schichten des Stratum parabasale und Stratum basale mit iso- bis hochprismatischen Zellen. Die Epithelzapfen sind weniger stark ausgeprägt und von spitzkegelförmiger Gestalt mit einer schmalen Basis. Die Interzellularräume sind eng. Die Gefäße in der Lamina propria sind klein und von geringer Zahl.

Ähnliche Ergebnisse erhielt HOFMANN (1973) bei Untersuchungen an Wildwiederkäuern bei unterschiedlichen Fütterungsverhältnissen. Große Epithelzapfen und ausgeprägte Papillae occultae mit sinusoid erweiterten Kapillaren fanden BERG u. EDVI (1976) in den Pansenzotten von Schafen nach Verabreichung von Kraftfutter.

Nach BROSI (1983) und LIEBICH et al. (1987) zeigen die Flächeninhalte der Pansenzottenquerschnitte eine deutliche Beziehung zum Energiegehalt des Futters. Bei den von LIEBICH et al. (1987) untersuchten Kühen nahm die Zottenquerschnittsfläche bis zu 66 % ab.

Laufende Erhöhung von Sojaschrot in der Ration führte zu einer zunehmenden Verdickung des Epithels und zu größeren Zellkernen in den Zellen der Pansenzotten (KAUFFOLD et al. 1977b).

Der Übergang von physiologischen zu pathologischen Proliferationszuständen der Pansenmukosa ist fließend (DIRKSEN 1985). Parakeratose und Ruminitis sind makroskopisch sichtbare Ergebnisse einer Fütterung, die den anatomischen Nahrungsansprüchen des Wiederkäuers trotz erstaunlicher Anpassungsfähigkeit nicht mehr gerecht wird (HOFMANN u. SCHNORR 1982).

Energiereiche Futterrationen mit geringem Rohfasergehalt führen zu hyper- und parakeratotischen Schleimhautveränderungen (FELL et al. 1967; ROWLAND 1970; KAUFFOLD 1975; BERG u. EDVI 1976; TAMATE et al. 1978). Nach DIRKSEN (1985) ist dies auf die Produktion großer Mengen an Butter- und Propionsäure im Pansen zurückzuführen, die die Schleimhautproliferation über das physiologische Maß hinaus stimulieren.

Nahezu identisch zusammengesetzte Rationen führten in unterschiedlicher physikalischer Form zu unterschiedlichen Schleimhautbefunden im Pansen. Nach Verabreichung gehäckselten Futters wurden Normalzustände der Pansenschleimhaut beobachtet, während gemahlenes oder pelletiertes Futter zu Zottenverklumpungen, Hyperkeratose und Zottenverlusten führte (KAUFFOLD et al. 1976). Nach Fütterung pelletierten Futters treten häufig parakeratotische Veränderungen im Pansenepithel auf (NOCKELS et al. 1966, HINDERS u. OWEN 1965; KAUFFOLD u. PIATKOWSKI 1971; BERG et al. 1976; CAKALA et al. 1981; LUBIARZ et al. 1983; u.a.). Miteinander gehen schlechte Gewichtszunahmen und geringe Futterverwertung (KAUFFOLD et al. 1976; CAKALA et al. 1981). HIRONAKA et al. (1979) fanden bei Untersuchungen mit Futterpartikelgrößen von 476 - 1525 μm , daß je größer die Futterteile der Ration sind desto weniger anormale Pansenzotten und Ruminitisfälle auftreten.

Nach Futterumstellung setzen alsbald die Anpassungsreaktionen der Pansenschleimhaut ein. (KAUFFOLD et al. 1975). Selbst während eines Tagesverlaufs entstehen kleine, aber signifikante Unterschiede in der Größe der Zellkernvolumina und in der Sauerstoffaufnahme des Pansenepithels, die den tageszeitlichen Schwankungen der Fettsäurekonzentration folgen (KAUFFOLD 1975). SAKATA u. TAMATE (1978b) ermittelten im Tagesverlauf wechselnde Mitoseraten im Pansenepithel bei Schafen. Die Durchschnittsrate der Epithelzellteilungen war am Morgen am niedrigsten und am Nachmittag am höchsten, weshalb die Untersucher vermuten, daß die Zellteilung durch die Futteraufnahme beeinflusst wird. Auf plötzliche Umstel-

lung der Fütterung reagierten die Zellkernvolumina noch am Tag der Umstellung. Die Sauerstoffaufnahme der Pansenzotten änderte sich innerhalb von 5 Stunden (KAUFFOLD 1974, KAUFFOLD et al. 1977b).

Nach Umstellung von rohfaserreicher, energiearmer auf kraftfutterreiche Fütterung beobachtete GOODLAD (1981) einen Anstieg des Mitoseindex nach einem Tag. Auch eine Verkürzung der geschätzten "turnover"-Zeit für das Gesamtepithel der Pansenzotten von 16,5 Tagen auf 4,3 Tage wurde dabei festgestellt.

Nach Umstellung auf niederenergetische Rationen werden im Pansenepithel Kernpyknosen und degenerative Veränderungen im Zytoplasma der Epithelzellen beobachtet (TAMATE u. FELL 1978; DIRKSEN et al. 1984).

Nach KAUFFOLD et al. (1975) führen die Anpassungsvorgänge der Pansenschleimhaut nach Futterumstellung nach spätestens 3 Wochen zu gleichgewichtigen Verhältnissen. Auch HOFMANN (1973) geht von einem Adaptationszeitraum von 3 Wochen aus. In den Untersuchungen von MAYER u. LIEBICH (1980), LIEBICH et al. (1982) und DIRKSEN et al. (1984) wird ein Zeitraum von 4 - 6 Wochen beschrieben.

Die Fettsäuren als Produkte der Verdauungsvorgänge im Pansen und ihre Konzentration im Pansensaft bei unterschiedlicher Fütterung

Im Zuge der Fermentationsvorgänge im Pansen werden die aufgenommenen Kohlenhydrate zu kurzkettigen Fettsäuren abgebaut. Die kurzkettigen Fettsäuren sind die Hauptenergielieferanten des Wiederkäuers (DEMEYER u. GIESECKE 1973). Sie decken den Energiebedarf des Wiederkäuers zu 70 - 80 % (GIESECKE 1967a).

Die Gesamtkonzentration wie auch die Proportionen der flüchtigen Fettsäuren hängen vom verabreichten Futter ab (GIESECKE 1967a; KAUFMANN u. ROHR 1967). Doch ist die gemessene Fettsäurekonzentration abhängig von Produktion, Resorption, Verdünnung (durch Speichel, Futter und Trinkwasser), Einbau in Mikroben, Umwandlung zwischen den einzelnen Fettsäuren und zu geringem Teil von der Passage in das Intestinum (LEBZIEN et al. 1981).

Essig-, Propion- und n-Buttersäure sind Produkte des Kohlenhydratstoffwechsels im Pansen (DEMEYER u. GIESECKE 1973). Desgleichen n-Valeriansäure, die aber auch aus der Aminosäure Prolin gewonnen wird (DEHORITO et al. 1958). Die verzweigten Fettsäuren Isobutter-, Isovalerian- und 2-Methylbuttersäure sind Produkte der Desaminierung von Valin, Leucin und Isoleucin (ALLISON u. BRYANT 1963; KAUFMANN u. ROHR 1967).

Die Konzentration der flüchtigen Fettsäuren beträgt unter gewöhnlichen Bedingungen 80-120 mmol/l (DEMEYER u. GIESECKE 1973), in manchen Fällen aber auch 150 mmol/l (BALCH u. ROWLAND 1957) bis 180 mmol/l (DIRKSEN 1985).

Die mit verschiedenen Rationen bei Schafen und Kühen von COLLENBRANDER et al. (1967), GIESECKE (1967a), KAUFMANN u. ROHR (1967), SUTTON (1968), JUDSON et al. (1968) und SUTTON (1968) ermittelten molaren Anteile (in Mol%) betragen für Essigsäure 45,3 - 71,0, für Propionsäure 11,5 - 39,8, für n-Buttersäure 3,9 - 25,2, für i-Buttersäure 0,3 - 1,9, für n-Valeriansäure 0,5 - 4,6 und für i-Valeriansäure 0,3 - 4,2 (Zusammenstellung bei DEMEYER u. GIESECKE 1973). Das Verhältnis der molaren Anteile von Essig-, Propion- und Buttersäure beträgt bei ausgewogener Diät nach DIRKSEN (1985) etwa 65:20:15 (Mol%).

Das erhöhte Auftreten von Isobuttersäure, Isovaleriansäure und 2-Methylbuttersäure ist auf Grund ihrer Entstehung durch Desaminierung an die Verfütterung hoher Eiweißmengen gebunden (KAUFMANN u. ROHR 1967). Da die Isosäuren wie auch Valeriansäure von bestimmten Bakterien zur Aminosäuresynthese herangezogen werden, wird ihr Gehalt im Pansen saft auch von den leichtvergärbaren Kohlenhydraten beeinflusst, die durch Lieferung von Energie die mikrobielle Zellsynthese fördern (Demeyer u. Giesecke 1973). Die Anteile höherer Fettsäuren als Endprodukte der Pansenfermentation sind sehr gering. Ihr Gehalt ist selbst unter extremen Fütterungsverhältnissen kaum höher als 3 Mol% (KAUFMANN u. ROHR 1967).

Die Erhöhung der Energieaufnahme geht mit einem Anstieg der Gesamtkonzentration der flüchtigen Fettsäuren einher (KAUFFOLD et al. 1975; KAUFMANN et al. 1979; LEE et al. 1982).

Die Fütterung von relativ großen Mengen leichtverdaulicher Kohlenhydrate bei Reduzierung des Rohfasergehaltes der Ration führen zu einem Abfall des Essigsäureanteils und zu einem Anstieg des Propionsäuregehaltes (WOODS u. LUTHER 1962; KAUFMANN u. ROHR 1967; THORLACIUS u. LODGE 1973; MACKIE et al. 1978; LEBZIEN et al. 1981; LEE et al. 1982). Höhere molare Anteile von Acetat und Isovaleriat fanden BRAGG et al. (1986) bei einer Ration mit Mais als Stärkequelle im Vergleich zu einer mit Molke.

Offensichtlich hängen die Fermentationsvorgänge aber auch von

der physikalischen Struktur des Futters ab. Das Zermahlen der Rohfaser in der Ration bewirkte eine Verringerung des Essigsäureanteils und eine Zunahme des Propionsäureanteils (GIESECKE 1967a; KAUFFOLD u. PIATKOWSKI 1971; ORSKOV 1975). WOODS und LUTHER (1962) konnten bei Schafen mit reiner Rauhfuttermischung keinen Einfluß des Zerkleinerungsgrades auf die Fettsäuregehalte feststellen, während bei einer Konzentration fein gemahlenes Heu einen Anstieg der Propionsäure bewirkte.

Auch die Fütterung von pelletiertem Futter ruft im Vergleich zur konventionellen Diät einen Anstieg des Propionsäureanteils hervor (NOCEK u. KESSLER 1980). BARAN et al. (1979) stellten bei granuliertem Futter, das 41,8% Wiesenheu enthielt, eine erhöhte Fettsäuregesamtkonzentration und einen erhöhten Buttersäureanteil im Vergleich zu einer Ration mit Langheu fest.

Rationen mit hohem Gehalt an Getreide oder Stärkeprodukten führen nach KAUFMANN u. ROHR (1967) nur in Gegenwart von zuckerhaltigen Rationen zu einem höheren Anteil an Buttersäure. BESECKE u. MOHME (1976) stellten nach Zuckerzufütterung bei Schafen einen starken Abfall des Essigsäureanteils und Erhöhung des Propion- und Buttersäureanteils fest. Nach Zuckerfütterung können auch nennenswerte Konzentrationen von Capron- und Valeriansäure auftreten (BROGGEMANN et al. 1966). Eine Begünstigung der Buttersäurebildung bei hohem Zuckeranteil beschreibt auch ORSKOV (1975).

Nach Verdoppelung des Sojaanteils in der Ration fanden KAUFFOLD et al. (1977b) einen auffälligen Anstieg der Fettsäurekonzentration von 80 mmol/l auf 110 mmol/l. SOMMER et al. (1982) induzierten mit der Verfütterung von Harnstoff und NH_4HCO_3 einen Anstieg der molaren Anteile von Butter- und Propionsäure.

Fette dienen im Pansen zwar nicht selbst als Substrat bei der Bildung flüchtiger Fettsäuren, doch wird das Fettsäuremuster durch ihren Gehalt beeinflusst (DEMEYER 1973). Ungesättigte Fettsäuren werden hydriert. Neutralfette und Phospholipide unterliegen der Hydrolyse, wobei freie Fettsäuren entstehen. Das bei

der Spaltung freiwerdende Glycerin wird unter Bildung von niederen Fettsäuren abgebaut. Die in den Lipiden enthaltenen Fettsäuren werden durch lipolytische Enzyme schnell hydrolysiert (DAWSON u. KEMP 1979). Nach Infusion von Trilinolein in den Pansen fanden NOBLE et al. (1974) einen Anstieg der Konzentration von Linolsäure. Der Einsatz von Talg führte in Untersuchungen von PALMQUIST et al. (1986) zu einer Verkleinerung des Acetat/Propionsäureverhältnisses. Diese Erscheinung ließ sich durch Zugabe von Ca wieder umkehren.

Sojaöl wie auch Kokosfett bewirken eine deutliche Erhöhung der Propionsäurekonzentration im Pansensaft (LEBZIEN et al. 1981). Die gleiche Beobachtung machten DRACKLEY et al. (1985) nach der Fütterung von Sonnenblumenkernen. Die Zugabe von langkettigen Fettsäuren mit hohem Schmelzpunkt (Stearinsäure) und Ca-Salze langkettiger Fettsäuren senken das Acetat/Propionatverhältnis um 20%, während langkettige Fettsäuren mit niedrigem Schmelzpunkt (Ölsäure) und die Triglyceridform von langkettigen Säuren dies um 50 - 60% bewirken (CHALUPA et al. 1986).

Einfluß auf das Fettsäuremuster hat auch die Fütterungsfrequenz. Die Erhöhung der Fütterungsfrequenz zieht eine Erhöhung des Acetat/Propionatverhältnisses nach sich. (KAUFMANN et al. 1979; BRAGG et al. 1986).

Die gemessenen Konzentrationen von flüchtigen Fettsäuren können bei verschiedenen Tieren trotz gleicher Fütterung voneinander abweichen (BATH u. ROCK 1963; VOIGT 1968). BATH und ROCK (1963) fütterten zwei Kühe völlig gleich und beobachteten Unterschiede im Fettsäuregehalt von 10,9 mmol/l. Selbst bei Zwillingspaaren traten bei gleicher Fütterung Differenzen von bis zu 15% bei der Gesamtsäuremenge und 12% beim Essigsäuregehalt auf (KATO 1964). Auch durch wiederholte Pansensaftübertragungen gelingt es offensichtlich nicht, die mikrobiellen Digestionsprozesse im Pansen verschiedener Kühe gleichzuschalten (DIRKSEN et al. 1984). VOIGT (1968) fordert daher, Vergleichsuntersuchungen zu Fermentations-

vorgängen im Pansen so anzulegen, daß dieselben Tiere als Kontrolle dienen.

Die Fettsäurekonzentration im Hauben-Pansenraum und der pH-Wert stehen in engem Zusammenhang (KAUFFOLD 1975). Der physiologische Bereich des pH-Wertes im Reticulorum liegt zwischen 5,5 und 7,0 (KAUFMANN u. ROHR 1967; KAUFMANN u. HAGEMEISTER 1969; DIRKSEN 1981; DIRKSEN 1985).

Die Verabreichung von leichtverdaulichen, rohfaserarmeren Rationen bewirkt tiefere pH-Werte als rohfaserreiche Ration (MACKIE et al. 1978; LEE et al. 1982; DIRKSEN 1985). Die Zugabe von Zucker zum Futter wirkt pH-Wert senkend (KROGH 1959; BESECKE u. MOHME 1976). Die Futterstruktur beeinflusst den pH-Wert des Pansensaftes ebenfalls. Nach ORSKOV (1975) bewirkt pelletiertes Futter immer niedrigere pH-Werte als unbehandeltes. HIRONAKA et. al (1979) fanden bei Verfütterung von Rationen mit größeren Futterteilen höhere pH-Werte als bei Fütterung mit kleineren Partikelgrößen.

Der pH-Wert des Hauben-Pansenraumes des erwachsenen Rindes unterliegt im Tagesverlauf z.T. erheblichen Schwankungen, mit einer Minimierung zwei bis drei Stunden nach der Fütterung (DIRKSEN 1985). Der Abfall ist bei leichtverdaulichem Futter am stärksten (KAUFMANN et al. 1979). Mit Erhöhung der Fütterungsfrequenz werden die Schwankungen im Tagesverlauf geringer, jedoch wird der Durchschnittswert kaum verändert (KAUFMANN u. HAGEMEISTER 1969).

Futterstruktur, Wiederkauen, Speichelsekretion und pH-Wert im Pansen bestimmen die Bedingungen der Mikroorganismen, die für die Verdauung des Futters am geeignetsten sind (KAUFMANN et al. 1979; DIRKSEN 1985). Bei pH-Wertsenkungen bis 6,0 wird die Zahl der zellulosespaltenden Bakterien kaum reduziert. Senkungen auf 5,5 und darunter führen zur Depression der fibrolytischen Mikroorganismen, wodurch die Faserverdauung zum Stehen kommen kann (KAUFMANN et al. 1979; HOOVER 1986) und Milchsäurebildner sich

stark vermehren (KAUFMANN et al. 1979; DIRKSEN 1985). Die wichtigsten Faktoren für die Einstellung des pH-Wertes sind nach DIRKSEN (1985):

1. die pro Zeiteinheit gebildete Säuremenge
2. die Höhe des puffernden Speichelflusses
3. die Fettsäureresorption
4. die Verdünnungsrate.

Na-Bicarbonat und die Salze der flüchtigen Fettsäuren sind die wichtigsten Bestandteile des Puffersystems im Pansen (KAUFMANN u. HAGEMASTER 1969; COUNOTTE et al. 1979).

Bei stärkereicher, rohfaserarmer Diät ist das wichtigste Organ für die Regulation des pH-Wertes im Pansen offensichtlich die Pansenschleimhaut, sofern sie durch Proliferationsvorgänge an hohe Säurekonzentrationen angepaßt ist (DIRKSEN et al. 1984; DIRKSEN 1985).

Die Resorption der flüchtigen Fettsäuren aus dem Hauben- Pansenraum

Die Konzentration der Fettsäuren im Pansen ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Fettsäureproduktion und -umwandlung einerseits und Fettsäureabsorption und -abfluß andererseits (KAUFFOLD 1975).

BARCROFT et al. (1944) zeigten, daß die bei der bakteriellen Verdauung im Pansen anfallenden Fettsäuren dort resorbiert werden. Neben Essig-, Propion- und Buttersäure werden auch Valeriansäure (BESADOUM et al. 1962) sowie verzweigtkettige Fettsäuren durch die Pansenschleimhaut resorbiert (ANNISON u. PENNINGTON 1954). Langkettige Fettsäuren werden zwar auch durch die Pansenschleimhaut aufgenommen (GOOSEN 1975), der weitaus größte Teil wird jedoch in den unteren Abschnitten des Verdauungssystems absorbiert (YAMDAGNI et al. 1968; DAWSON u. KEMP 1970). Untersuchungen von HAGEMEISTER et al. (1979) ergaben, daß Laurinsäure nur noch zu 30 % im Pansen und zu 70 % im Darm resorbiert wird.

Nach GIESECKE (1967b) werden pro Tag zwischen 3 und 5 kg der flüchtigen Fettsäuren resorbiert. Die Resorption der flüchtigen Fettsäuren aus dem Pansen ins Blut wird im wesentlichen als Diffusionsvorgang erklärt (HÖRNICKE 1964; GIESECKE 1967b; STEVENS 1970).

Die bei gleicher Konzentration von Acetat, Propionat und Butyrat gemessene Resorption steigt mit der Kettenlänge der flüchtigen Fettsäuren an, während die im Blut erscheinende Menge abnimmt. (STEVENS 1970). Die Nettoabsorption, d.h. die Menge der absorbierten und im Blut erscheinenden flüchtigen Fettsäuren, geben HUNTINGTON und REYNOLDS (1983) bei Kühen (Fütterung mit Grassilage) mit 682 mmol/h an, wobei Acetat und Propionat einen Anteil von 91% erreichen.

Im Pansenepithel wird vornehmlich Butyrat umgesetzt, und zwar hauptsächlich in β -Hydroxybutyrat und Acetoacetat (GIESECKE 1967b; WEIGAND 1972a; ASH u. BAIRD 1973; SUTTON 1976). Nach YAMDAGNI et

al. (1968) wirken die geradzahligen Fettsäuren von C4 bis C10 in abnehmendem Maße ketogen. HOERSTKE (1980) bzw. HOERSTKE u. DIRKSEN (1981) beschreiben eine stufenweise Abnahme des ketogenen Effekts von C8 über C10 zu C12. Propionsäure wird nur zu einem geringen Teil im Pansenepithel zu Laktat umgewandelt (WEEKS u. WEBSTER 1974; SUTTON 1976). Vielmehr dient sie in der Leber als wichtigstes glukogenes Substrat (ANNISON u. ARMSTRONG 1970; ASH u. BAIRD 1973). Essigsäure wird im Pansenepithel fast nicht metabolisiert (SUTTON 1976).

Die Absorption der flüchtigen Fettsäuren aus dem Pansen geschieht vorwiegend in der undissoziierten Form (MAC LEOD u. ORSKOV 1984). DANIELLI et al. (1945) zeigten, daß bei hohem pH-Wert die kurzkettigen Fettsäuren in der Reihenfolge Essig-, Propion- und Buttersäure in abnehmendem Maße resorbiert werden, während bei saurem pH-Wert sich die Reihenfolge umkehrt und die Resorptionsleistung zunimmt. GRAY (1948), SUTTON et al. (1963a), AAFJES (1967), STEVENS (1970), WEIGAND et al. (1972), THORLACIUS u. LODGE (1973), MAC LEOD u. ORSKOV (1984) u.a. bestätigten die pH-Wertabhängigkeit der Resorptionsgeschwindigkeit der einzelnen Fettsäuren. Etwa gleiche Resorptionsraten für Essig-, Propion- und Buttersäure bei hohen pH-Werten beschreiben WEIGAND et al. (1972a), sowie OSHIO u. TAHATA (1984). THORLACIUS u. LODGE (1973) ermittelten bei unterschiedlichen pH-Werten im Pansensaft folgende Clearanceraten für Propion- und Buttersäure (bezogen auf Essigsäure = 1): bei pH 7,0 1,1 und 1,0, bei pH 6,5 1,2 und 1,4 sowie bei pH 5,5 1,6 und 2,4. Nach AAFJES (1967) wird Buttersäure im undissoziierten Zustand ungefähr zweimal schneller resorbiert als nicht dissoziierte Essigsäure. Kapron- und Valeriansäure werden aus dem Pansen schneller als Essig-, Propion- und Buttersäure resorbiert, während Isovalerian- und Isobuttersäure langsamer als diese aufgesaugt werden (OSHIO u. TAHATA 1984). Die erhöhte Resorption der Fettsäuren bei niederen pH-Werten wird bedingt durch den erleichterten Durchgang nicht ionisierter (lipophiler) Moleküle durch die Lipidmembran der Pansenepithelzelle (AAFJES 1967; KAY et al. 1969).

Der wesentliche Einfluß der Schleimhautstruktur auf die Resorption flüchtiger Fettsäuren aus dem Pansen wird schon bei der Betrachtung der Verhältnisse beim jungen Wiederkäuer deutlich. Kälber ohne strukturelle Ausbildung der Vormagenschleimhaut sind unfähig, Fettsäuren aus dem Pansen zu resorbieren. Die mit dem Wachsen der Pansenzotten einhergehende Oberflächenvergrößerung beschleunigt mit Sicherheit die Resorption. Die Stoffwechselaktivitäten des Pansenepithels verändern sich mit der Vormagenentwicklung des Kalbes und weisen eine enge Beziehung zum Resorptionsvermögen auf (GIESECKE 1967b). Die schwach entwickelte Pansenschleimhaut milchgefütterter Kälber resorbierte auch nach 34 Wochen kaum Essigsäure, während zusätzlich mit Heu und Starter gefütterte Kälber mit gut ausgebildeter Schleimhaut deutliche Resorptionsleistungen zeigten, die mit zunehmendem Alter stiegen (SUTTON et al. 1963a). Auch die Umsetzung von Butter- und Essigsäure war bei diesen Tieren höher (SUTTON et al. 1963b). Die Mechanismen für den aktiven transepithelialen Na- und Cl-Transport sind aber auch im morphologisch unterentwickelten Pansen von Milchlämmern vorhanden (SCHARRER et al. 1983).

THORLACIUS u. LODGE (1973) stellten fest, daß nach sechswöchiger hochenergetischer Fütterung bei Kühen die Absorption flüchtiger Fettsäuren schneller erfolgte, als dies nach sechswöchiger Heufütterung der Fall war. Die Untersucher sehen die Veränderung der Resorptionsraten in Zusammenhang mit der Anpassung der Pansenschleimhaut auf die Futterumstellung. Eine deutlich niedrigere Absorption fand AAFJES (1967) an zottenfreien Stellen im Vergleich zu Regionen mit dichtem Zottenbesatz. HIRD u. WEIDEMANN (1964) stellten in vitro an Schleimhautstücken mit langen Zotten eine höhere Buttersäureaufnahme und -metabolisierung fest als bei Proben gleicher Schleimhautgrundfläche mit kurzen Pansenzotten. In Pansenzotten, die, nach Erhöhung der Gesamtfettsäurekonzentration im Pansensaft, größere Zellkernvolumina in den Pansen-

epithelzellen zeigten, wies KAUFFOLD (1974) erhöhte Stoffwechselaktivität nach.

Daß zwischen der durch die Fütterung beeinflussten Pansenschleimhautstruktur und der Fettsäureresorption aus dem Pansen ein direkter Zusammenhang besteht, konnten BROSI (1983) bzw. DIRKSEN et al. (1984) an zwei trockenstehenden Kühen nachweisen. Die Vergrößerung der Pansenzotten nach mehrwöchiger energiereicher Fütterung führte zu einer wesentlich schnelleren Fettsäureresorption als nach energiearmer Fütterung und den dabei zu beobachtenden kleineren Pansenzotten. Die Vergrößerung der Pansenzotten ging einher mit der Vergrößerung und Verbreiterung der Epithelzapfen und einer verstärkten Vaskularisation. Nach MAYER et al. (1986) besteht der Zusammenhang zwischen fütterungsbedingter Schleimhautproliferation und der Resorptionsleistung der Pansenschleimhaut auch bei trächtigen und laktierenden Kühen.

Jedoch kann es auch nach energiereicher Fütterung zu einer Abnahme der Resorptionleistung kommen, nämlich offensichtlich dann, wenn unphysiologische Veränderungen am Pansenepithel auftreten (NOCEK et al. 1980). So ist Parakeratose der Pansenzotten mit einer Reduzierung der Fettsäureresorption verbunden (BULL et al. 1965; HINDERS u. OWEN 1965).

Stiere, die nach hochenergetischer Fütterung Zottenverklumpungen im Pansen aufwiesen, nahmen flüchtige Fettsäuren in geringerem Maß auf als solche, die nach Heufütterung relativ gleichförmige Zotten zeigten (WEIGAND et al. 1975).

Die Wirkung von intraruminal applizierten flüchtigen Fettsäuren auf die Pansenschleimhaut

Die intraruminale Applikation von flüchtigen Fettsäuren erhöht den Blutfluß im Pansen. Dabei ist Buttersäure im Vergleich zu Essig- und Propionsäure am wirksamsten (DOBSON u. PHILLIPSON 1956; SELLERS et al. 1964). Nach dem Aufbringen einer Buttersäure/Butyrat-Lösung auf die Pansenschleimhaut stellte THORLACIUS (1972) einen gestiegenen Hämoglobingehalt in den Pansenzotten fest.

Wie sich in anderen Untersuchungen erwies, haben Fettsäuren auch einen Einfluß auf die Morphologie der Pansenschleimhaut. FLATT et al. (1958) beobachteten nach intraruminaler Infusion einer Mischung aus Na-Acetat, Na-Propionat, Na-Butyrat und Milchsäure bei milchgefütterten Kälbern eine deutliche Stimulation der Pansenzottenentwicklung.

Daß Na-Butyrat und Na-Propionat - intraruminal verabreicht - das Zottenwachstum anregen, wiesen SANDER et al. (1959) an milchgefütterten Kälbern nach. Die so behandelten Tiere zeigten eine ausgedehnte Zottenentwicklung in großen Teilen des Pansens, während die mit Na-Acetat versorgten Kälber nur im ventralen Teil des dorsalen kranialen Pansensackes eine begrenzte Entwicklung aufwiesen. Das Pansenvolumen war bei mit Na-Butyrat behandelten Tieren größer. Propionat zeigte eine nur wenig geringere Wirkung als Butyrat.

Mit intraruminal applizierter Butter- und Propionsäure konnten TAMATE et al. (1962) bei Kälbern die gleiche Zottenwachstumsstimulation induzieren wie mit intraruminal infundierter Milch. Allerdings zeigte sich, daß ausreichende Mengen der Säuren infundiert werden müssen, um das Wachstum anzuregen.

Die Zufütterung von je 4% (der verzehrten Ration) Na-Acetat, Na-Propionat oder Na-Butyrat über 8 Wochen führte bei Lämmern zu einer beträchtlichen Erhöhung der Zottenzahl, die bei den mit

Na-Butyrat gefütterten Tieren allerdings am schwächsten ausfiel (RICKARD u. TERNOUTH 1965).

An Schafen täglich durchgeführte schnelle intraruminale Infusionen von 2 g Na-Butyrat pro kg KG bewirken bereits nach einem Tag einen Anstieg des mitotischen Index (MI) über mehrere Tage, um danach wieder abzufallen (SAKATA u. TAMATE 1976a; dgl. 1976b; dgl. 1978a; SAKATA 1980; GALFI 1986). Dagegen ist bei langsamer Infusion der gleichen Menge Na-Butyrat keine Veränderung des MI zu beobachten (SAKATA u. TAMATE 1976b; dgl. 1978a; SAKATA 1980), ja sogar eine Abnahme des MI festzustellen (GALFI 1986). Mit dem Anstieg des MI nach rascher Na-Butyratinfusion ist auch eine erhöhte Inkorporation von 3H-Thymidin verbunden (GALFI 1986), was entsprechende in-vitro-Befunde bestätigen (GALFI et al. 1981).

Die Infusion von Na-Propionat oder Na-Acetat (je 18 mmol/kg KG) bewirkte nach 2 und 4 bzw. 2 und 3 Tagen einen vorübergehenden Anstieg des MI (SAKATA und TAMATE 1979).

Nach täglicher schneller Infusion von Na-Butyrat bei Schafen traten parakeratotische Veränderungen im Stratum corneum auf (GALFI 1986). SAKATA u. TAMATE (1978c) beobachteten bei der Verabreichung der gleichen Menge Butyrat das Auftreten von Ballonzellen. In der Lamina propria fanden sich nach schneller täglicher intraruminaler Applikation von Na-Butyrat dilatierte Gefäße.

Nach einigen Tagen entwickelten sich verstärkt Epithelzapfen in die Lamina propria hinein. Sie enthielten große Basalzellen in zum Teil ungewöhnlicher Anordnung (SAKATA u. TAMATE 1978a; dgl. 1978c; SAKATA 1980). Einen stärker entwickelten Papillarkörper beschreiben auch RICKARD et al. (1965) bei zusätzlich mit Na-Propionat oder Na-Butyrat gefütterten Lämmern. Nach Absetzen der Zufütterung der Salze der Fettsäuren glichen sich die Strukturen der Pansenschleimhaut wieder denen der Vergleichsgruppe an.

Eine Zunahme der Dicke des Stratum germinativum und Vermehrung der Zellagen des Stratum spinosum beschreiben KAUFFOLD et al. (1977a) und KAUFFOLD (1975) nach dreiwöchiger langsamer intraruminaler Infusion von Buttersäure (0,40g/kg KG Tag) bei Kühen, während Essigsäure zu einer Abnahme der Dicke des Stratum germinativum und der Lamina propria führte. Propionsäure war dagegen nur von geringem Einfluß.

KAUFFOLD et al. (1977a) schreiben der Essigsäure eine antiproliferative und der Buttersäure eine proliferative Wirkung auf die Pansenschleimhaut zu. Für die Auslösung der proliferativen Erscheinungen am Pansenepithel durch Butyrat scheint nach SAKATA u. TAMATE (1978c) die momentane Erhöhung der Pansensaftkonzentration wichtiger zu sein als die Gesamtmenge der verabreichten Säure im Tagesablauf.

Über die Wirkung der Isosäuren (Isobutter-, Isovalerian- und 2-Methylbuttersäure) sowie der Valeriansäure auf die Pansenschleimhaut sind in der Literatur keine Angaben enthalten. Doch ist schon länger bekannt, daß verzweigtkettige Fettsäuren Wachstumsfaktoren für zahlreiche Bakterienspezies, insbesondere für zellulosespaltende, im Pansen sind (ALLISON et al. 1958).

LASSITER et al. (1958) beobachteten nach Zugabe von Valerian- und Isovaleriansäure zum Futter von Färsen höhere Zunahmeraten. Höhere Zunahmen bei jungen Tieren beschreiben auch FELIX et al. (1980) nach Zufütterung einer Mischung von Isosäuren. Eine erhöhte Stickstoffverfügbarkeit und Stickstoffretention tritt nach CLINE et al. (1966) mit der Verabreichung einer Mischung aus Isosäuren und Valeriansäure auf. In-vitro-Untersuchungen zeigten, daß bei Heufütterung der Gehalt bakteriellen Eiweißes im Pansensaft nach Verabreichung der Isosäuren um 18% zunimmt, während bei konzentratreicher Ration die Zugabe ohne Einfluß war. Isosäuren stimulieren auch das Bakterienwachstum und die Pflanzenzellverdauerung im Pansensaft in vitro, während Valeriansäure ohne Effekt ist (GOROSITO et al. 1985). Die Verabreichung von Salzen der

Isobutter-, Isovalerian- und Valeriansäure bewirkte bei Milchkühen eine Steigerung der Milchleistung und des Proteingehaltes (PAPAS et al. 1981; PAPAS et al. 1984).

Inwieweit die Isosäuren und Valeriansäure direkt oder indirekt die Pansenschleimhaut beeinflussen, ist nicht bekannt.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

MATERIAL UND METHODEN

UNTERSUCHTE TIERE UND IHRE HALTUNG

Für die Untersuchungen dienten zwei trockenstehende, nichttragende Holstein-Fresian-Kühe, die beide mit einer permanenten Pansenfistel versehen waren. Bei Untersuchungsbeginn waren die Kühe ca. 7 Jahre alt. Die Tiere waren aufgestellt auf einem Mittellangstand mit Kettenanbindung.

UNTERSUCHUNGSPLAN

Beide Tiere durchliefen sechs Untersuchungsperioden, die aneinander anschlossen.

In den Perioden 1 mit 4 erhielt pro Periode jeweils ein Tier zusätzlich zur energiearmen Fütterung intraruminale Infusionen von Na-Butyrat, Na-Butyrat + Na-Propionat oder Önanthsäuretriglycerid. In der Periode 5 wurden beide Tiere ausschließlich niederenergetisch gefüttert. In Tab. 1 wird eine Übersicht über die Untersuchungsanordnung in den Perioden 1 mit 5 gegeben. In der Periode 6 erhielten beide Kühe steigende Mengen energiereichen, rohfasearmen Futters und anschließend eine energiearme, rohfaserreiche Diät (vgl. Tab. 2 und 3).

Fütterung

In den Perioden 1 mit 5 erhielten beide Kühe je 5.5 kg Heu und 6.0 kg Stroh pro Tag (Grundration).

Vor Beginn der 1. Versuchsperiode waren beide Tiere 8 Wochen mit der Grundration gefüttert worden.

Tabelle 1:

Untersuchungsanordnung in den Perioden 1 mit 5 bei Kuh I und Kuh II

Untersuchungs- periode	Dauer in Wochen	Intraruminale Applikation pro Tag bei Kuh I	Intraruminale Applikation pro Tag bei Kuh II	Zeitpunkt der Pansen- saftentnahmen nach Perioden- beginn
1	10	2 x 250 g Na-Butyrat	-	0, 4 und 8 Wochen
2	8	-	2 x je 100 g Na-Butyrat + 100 g Na-Propionat	4 und 7 Wochen
3	4	1 x 200 g Önanthensäuretri- glycerid	-	4 und 5 Wochen
4	6	-	2 x 200 g Önanthensäuretri- glycerid	4 und 6 Wochen
5	10	-	-	-

Fütterung in den Untersuchungsperioden 1 mit 5: 5,5 kg Heu und 6,0 kg Stroh pro Tier und Tag

Das Heu wurde in zwei Portionen am Tag, und zwar um 6.00 h und um 15.00 h, zugeteilt. Stroh (Sommergerste) wurde in der festgelegten Menge im vorderen Bereich des Standplatzes eingestreut. Die Heubewertung erfolgte nach dem zweiteiligen DLG-Schlüssel. Es war von guter Qualität (Gütegruppe III). Die Nährstoffaufnahme und der Energiegehalt bei Fütterung der Grundration beliefen sich auf

		TS	VP	STE	RF
Heu	5.5 kg	4785	308	1848	1474
Stroh	6.0 kg	5244	36	1062	2274
Summe		10029	344	2910	3748

Rohfaseranteil an der Gesamtration: 37.3 %

TS = Trockensubstanz in g

RF = Rohfaser in g

VP = verdauliches Protein in g

STE = Stäkeeinheiten

Der Erhaltungsbedarf wurde für die ca. 550 kg schweren Kühe auf 2900 STE und 300 g VP festgelegt (DLG-Bedarfstabellen).

In der Untersuchungsperiode 6 wurden über 20 (Kuh I) bzw. 16 Wochen (Kuh II) Heu und steigende Mengen Kraftfutter verabreicht. Danach wurde beiden Tieren (Kuh I für 5 Wochen und Kuh II für 9 Wochen) die o.g. Grundration gefüttert.

Ein Kilogramm der verwendeten Kraftfuttermischung (KF) bestand zu je 0.3 kg aus Hafer-, Gersten- und Weizenschrot sowie 0.1 kg Sojaschrot; es enthielt 875 g TS, 121 g VP, 57 g Rohfaser sowie 703 STE.

Während der Kraftfutterperiode standen die Kühe auf Gummimatten ohne Stroheinstreu.

Tabelle 2:

Nährstoffgehalte der Ration von Kuh I im Verlauf der Kraftfutter/
Heu-Verabreichung in der Untersuchungsperiode 6

Versuchsdauer in Wochen	Heu kg	KF kg	TS g	VP g	STE	RF g	RF-Anteil %
1 mit 7	4	4	6980	708	4156	1301	18.6
8 mit 11	5	5	8725	885	5195	1627	18.6
12 mit 14	5	9.2*	12400	1393	8147	1868	15.0
15 mit 17	5	9.2	12400	1393	8147	1868	15.0
18	5	10.0	13100	1490	8710	1914	14.6
19 mit 20	5	11.0	13975	1611	9413	1971	14.1

Tabelle 3:

Nährstoffgehalte der Ration von Kuh II im Verlauf der Kraftfut-
ter/Heu-Verabreichung in der Untersuchungsperiode 6

Versuchsdauer in Wochen	Heu kg	KF kg	TS g	VP g	STE	RF g	RF-Anteil %
1 mit 7	4	4	6980	708	4156	1301	18.6
8 mit 11	5	5	8725	885	5195	1627	18.6
12 mit 14	5	9.2*	12400	1393	8147	1868	15.0
15 mit 16	5	9.2	12400	1393	8147	1868	15.0

* Die Kraftfuttermenge wurde in den Wochen 12 mit 14 von 5 kg
pro Tag um 0.2 kg täglich auf 9.2 kg / Tag erhöht.

Die Zusammensetzung der Rationen von Kuh I und II sowie deren Nährstoffgehalte während der Kraftfutter/Heu-Periode sind in den Tabellen 2 und 3 aufgeführt.

Die Fütterung erfolgte bis zur 12. Woche per Hand. Das Heu wurde dreimal täglich verabreicht, die Kraftfuttermischung zwischen 6.00 h und 17.00 h auf 8 Portionen verteilt vorgelegt.

Ab der 12. Woche wurde die Kraftfuttermischung per Automat in 12 gleichgroßen Portionen in der Zeit zwischen 6.00 h und 22.00 h zugeteilt.

Die Futtermischung ab der 21. (Kuh I) bzw. 17. Woche (Kuh II) setzte sich wie die der Versuchsperioden 1 mit 5 zusammen und wurde in gleicher Weise verabreicht.

Kuh II erkrankte nach 16 Wochen in der Versuchsperiode 6 an einer akuten Pansenazidose, die behandelt werden mußte. Unter anderem erhielt das Tier, nachdem der Pansen entleert worden war, Pansen-saftübertragungen von mit Heu/Stroh-Ration gefütterten Kühen.

Während aller Versuchsperioden erhielt jede Kuh 80 g Mineralstoffmischung pro Tag zugefüttert. Die Wasserversorgung erfolgte über Selbsttränke ad libitum.

Intraruminale Applikationen von Na-Butyrat und Na-Propionat sowie von Önanthsäuretriglycerid

Die in den Perioden 1 mit 4 verabreichten Fettsäuresalze sowie Önanthsäuretriglycerid wurden rasch (10 Sekunden) via Pansenfistel durch einen Schlauch in den Pansen infundiert. Die Verabreichung erfolgte unmittelbar vor der ersten Fütterung um 6.00 h, bei zweimaliger Infusion pro Tag ein weiteres Mal um 15.00 h. Die Salze der Buttersäure und der Propionsäure wurden für jede Infusion in 1,5 Liter körperl warmem Leitungswasser ge-

löst und infundiert. Önanthsäuretriglycerid wurde in reiner Form verabreicht.

Für die intraruminalen Infusionen wurden folgende Substanzen verwendet:

Na-Butyrat Fa. Merck-Suchardt

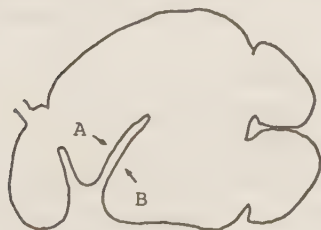
Na-Propionat Fa. WDT

Önanthsäuretriglycerid *

Entnahmestellen der Pansenzotten

Die Pansenzotten wurden aus dem Atrium ruminis (kaudal) und dem ventralen Pansensack (kranial) in Anlehnung an die Methodik von MAYER und LIEBICH (1980) exstirpiert (Abb. 2).

Abb. 2: Lokalisation der Entnahmestellen der Pansenzotten
Einblick in die rechte innere Pansenhälfte



A=Atrium ruminis
B=ventraler Pansensack

Entnahmetechnik und Fixation der Pansenzotten

Die Entnahme erfolgte manuell durch Abklemmen an der Basis der Papillae ruminis. Pro Entnahmestelle wurden je 14 - 20 Zotten, z.T. noch zusammenhängend, entfernt.

* Önanthsäuretriglycerid wurde freundlicherweise von Prof. Dr. Hagemeyer, Kiel, zur Verfügung gestellt.

Unmittelbar nach der Entnahme wurden die Zotten in Na-Cacodylatpuffer (pH 7.3) geschwenkt und von anhaftendem Panseninhalt gereinigt. Anschließend wurden die Proben in einer 6 %igen Glutaraldehydlösung fixiert. Nach der Fixierung wurden sie bis zur weiteren Aufarbeitung in Waschlösung (0.1 M Na-Cacodylatpuffer, pH 7.3, mit Saccharosezusatz) aufbewahrt.

Zeitpunkte der Pansenzottenentnahmen

Vom Beginn der Periode 1 (= Ende der Vorperiode) bis zum Ende der Versuchsperiode 6 wurden in wöchentlichen bzw. vierzehntägigen Abständen Pansenzotten von beiden Kühen entnommen. In Periode 5 wurde einmal ein vierwöchiges, in Periode 6 dreimal ein dreiwöchiges Intervall gewählt.

Palpatorische Beurteilung der Pansenschleimhaut

Während jeder Probenentnahme wurde die gesamte Schleimhaut des Pansens manuell untersucht und nach folgenden Kriterien beurteilt:

- Größe der Pansenzotten
- Konsistenz der Pansenzotten
- Zottenverklumpungen
- Entzündliche Veränderungen (insbesondere an den Biopsiestellen)

Morphologische Untersuchungen

Morphometrie der Länge, Breite und Oberfläche der entnommenen Pansenzotten

Zur Ermittlung von Länge, Breite und Oberfläche der an den verschiedenen Entnahmetagen durch Biopsie gewonnenen einzelnen Pansenzotten wurden die Pansenzotten in einem ersten Arbeitsgang bei Stereolupenvergrößerung (13,8-fach) mit Hilfe eines

Zeichentubus nachgezeichnet. Auf diesen Abbildungen der isolierten Einzelzotten wurden Länge und Breite (in mm) gemessen und die Durchschnittswerte pro Entnahmestelle und -tag errechnet. Des weiteren wurde aus der doppelten Ansichtsfläche (Breitseite) der einzelnen Pansenzotten deren Oberfläche ermittelt. Die Messung der Ansichtsfläche erfolgte mit einem elektronischen Bildanalyser (KONTRON MAP - AM 01) nach dem 13,8-fach vergrößerten, nachgezeichneten Abbild der einzelnen Pansenzotte. Es wurden die Durchschnittswerte der Zottenoberfläche pro Entnahmestelle und -tag aus den gewonnen Einzelwerten errechnet.

Lichtmikroskopische Aufbereitung der Pansenzotten

Pro Entnahmestelle und Entnahmezeitpunkt wurden 3 - 5 Pansenzotten für die lichtmikroskopische Untersuchung präpariert und der routinemäßigen Einbettung zugeführt. Nach Einbettung der Zotten in Parablast wurden jeweils aus der Mitte der Zotten Querschnitte (10 - 15 Schnitte) hergestellt und mit Hämatoxylin Eosin (H.E.) gefärbt.

Beurteilung der lichtmikroskopischen Präparate

Die histologischen Präparate wurden unter dem Lichtmikroskop bei 450-facher Vergrößerung mittels eines Meßokulars nach untenstehendem Schema vermessen und beurteilt. Die Ergebnisse wurden protokolliert und aus den morphometrischen Einzelergebnissen für jede Kuh der Mittelwert errechnet. Qualitative Merkmale wurden dann vermerkt, wenn sie in der Mehrzahl der untersuchten Präparate pro Entnahmezeitpunkt auftraten.

Morphometrisch-morphologisches Beurteilungsschema:

1. Ermittlung der durchschnittlichen Dicke der Pansenzotte (in μm)
2. Ermittlung der durchschnittlichen Breite der Lamina epithelialis mucosae (in μm)

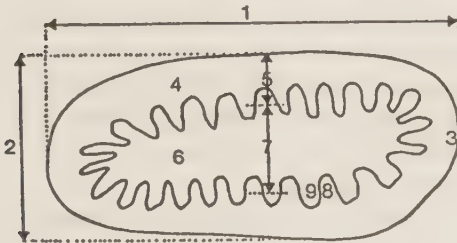
3. Ermittlung der durchschnittlichen Breite der Lamina propria mucosae (in μm)
4. Ermittlung der durchschnittlichen Anzahl und Länge (in μm) der Papillae occultae. Hierzu wurden im Zottenquerschnitt unter dem Lichtmikroskop bei (450-facher Vergrößerung) von der Zottenkante (Schmalseite) 340 μm eingemessen und die in diesem Bereich eingegrenzten Papillae occultae ausgezählt und vermessen. Für jede Zotte wurde der Durchschnittswert bestimmt.

Der Flächeninhalt der Zottenquerschnitte wurde näherungsweise durch die Bildung des Produkts von Zottendicke und durchschnittlicher Zottenbreite für jede lichtmikroskopisch untersuchte Zotte ermittelt. Hieraus wurde der Durchschnittswert für alle Zotten pro Entnahmetag und Tier ermittelt (in mm^2).

Des weiteren wurden die Zottenquerschnitte morphologisch beurteilt, insbesondere die verschiedenen Schichten der Lamina epithelialis mucosae nach Aufbau, Zellform und -anordnung sowie nach dem Auftreten von Mitosen bewertet. Die Gefäße der Lamina propria mucosae wurden nach Anzahl und Größe begutachtet.

Zur Beschreibung der morphologischen Untersuchung der Zottenquerschnitte wird die bei BROSI (1983) verwendete Nomenklatur benützt.

Nomenklatur am Pansenzottenquerschnitt:



- 1 Zottenbreite
- 2 Zottendicke
- 3 Zottenrand
- 4 Lamina epithelialis mucosae
- 5 Breite der Lamina epithelialis mucosae
- 6 Lamina propria mucosae
- 7 Breite der Lamina propria mucosae
- 8 Epithelzapfen (Zapfen der Lamina epithelialis)
- 9 Papillae occulta (Zapfen der Lamina propria)

Die Beschreibung der Schleimhaut erfolgt in Resorptionsrichtung, d.h. von der Pansenlumenseite in Richtung Lamina propria mucosae. Soweit nicht besonders vermerkt, sind die beschriebenen Merkmale in den Pansenzottenquerschnitten aus dem Atrium ruminis und dem ventralen Pansensack in gleicher Art und Weise beobachtet worden.

Pansensaftuntersuchungen

Pansensaftentnahme

In den Untersuchungsperioden 1 mit 4 wurden in jeder Periode an mindestens zwei Tagen von jeder Kuh im Tagesverlauf zwischen 6.00 h und 18.00 h stündlich Pansensaftproben entnommen. Die erste Entnahme erfolgte unmittelbar vor der Morgenfütterung bzw. der ersten Fettsäureapplikation (Nüchternwert) um 6.00 h.

In der Untersuchungsperiode 6 wurden nach 5, 7, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 24 und 25 Wochen Pansensaftproben im Tagesverlauf von beiden Tieren entnommen. Auch hier erfolgte die erste Entnahme vor der ersten Fütterung (Nüchternwert).

Pro Entnahme wurden unter Zuhilfenahme einer Vakuumpumpe durch die Pansenfistel von jeder Kuh etwa 200 ml Pansensaft gewonnen. Um eine Beeinflussung des Fettsäuremusters und/oder des pH-Wertes durch die Biopsien zu vermeiden, wurden die Pansensaftentnahmen jeweils einen Tag vor den Biopsien durchgeführt.

pH-Wertbestimmung und Konservierung des Pansensaftes

Sofort nach der Entnahme wurde der pH-Wert des Pansensaftes mit einem frisch geeichten elektrischen pH-Meter (Wissenschaftl. Technische Werkstätten, D-812 Weilheim) bestimmt und protokolliert.

Von der durchmischten Pansensaftprobe wurden nach der pH-Wertbestimmung 10 ml in ein Reagenzglas gefüllt, mit 10 Tropfen gesättigter Sublimatlösung versetzt und luftdicht verschlossen. Bis zur weiteren Verarbeitung wurden die Pansensaftproben im Kühlschrank bei 4 - 6 °C gelagert.

Gaschromatographische Bestimmung der Fettsäurekonzentration im Pansensaft

Der konservierte Pansensaft wurde in Anlehnung an SUPELCO (1975) und AHRENS (1986) aufbereitet und analysiert.

In einem ersten Arbeitsgang wurden die Proben bei 3000 U/min

zentrifugiert. Vom Oberstand wurden 5 ml abpipettiert und mit 0,75 ml 25%iger Metaphosphorsäure versetzt. Danach wurde nochmals in gleicher Weise zentrifugiert. Vom Oberstand wurden ca. 3 ml abpipettiert und durch einen Mikrofilter gedrückt. Die Proben waren so chromatographierfähig. Zur Korrektur möglicher Einspritzfehler wurden die Proben im Verhältnis 1:1 mit 0,12 %igem Isobutanol versetzt, das als innerer Standard diente und sich in Vorversuchen als geeignet erwies. Es erschien im Chromatogramm unmittelbar, aber vollständig abgetrennt, vor der Essigsäure. Fehler des internen Standards und chemische Reaktionen traten auch nach längerem Stehen nachweislich nicht auf.

Die Analyse der Pansensaftproben wurde mit einem Gaschromatographen (United Technologies Packard 437 A) mit Flammenionisationsdetektor durchgeführt. Die Trennung der Fettsäuren erfolgte auf einer 80/120 Carbopack B-DA/4% Carbowax[®] 20M - Säule der Fa. Supelco. Als Trägergas wurde doppelt gereinigter Stickstoff bei einer Flußrate von 25 ml/min benutzt. Die Versorgung des Flammenionisationsdetektors mit synthetischer Luft und mit Wasserstoff erfolgte mit Flußraten von 20 ml/min und 250 ml/min. Die Injektor- und Detektortemperatur war auf 230° C eingestellt. Die Ofentemperatur wurde über ein Zeitprogramm geregelt, beginnend bei 110° C auf 210° C steigend innerhalb von 10 Minuten, um bis zum Analysenende isotherm zu bleiben.

Zwischen den Analysenläufen wurden während der Abkühlphase des Ofens 1 µl 0,03 molarer Oxalsäure zur Konstanterhaltung der Azidität der Säule eingespritzt.

Das Einspritzvolumen der Probe betrug 1 µl.

Qualitativ und quantitativ bestimmt wurden Essigsäure, Propionsäure, iso-Buttersäure, n-Buttersäure, 2-Methylbuttersäure, iso-Valeriansäure, n-Valeriansäure und Heptansäure.

Bis zum Erscheinen der Heptansäure dauerte ein Analysenlauf 16 Minuten.

Die Peakflächenauswertung erfolgte über einen angeschlossenen elektronischen Integrator mit eingebautem Mikrocomputer (Shimadzu, Chromatopak, C-R3A). Die quantitative Bestimmung wurde über lineare Regression mittels des Integrators durchgeführt. Der linearen Regression lag eine Zwei-Punkt-Eichkurve zu Grunde, die aus mehreren Eichläufen durch Mittelung gewonnen wurde. In regelmäßigen Abständen wurde Eichlösung zur Kontrolle der linearen Regression eingespritzt. Der Fehler der Reproduzierbarkeit lag dabei immer unter 5%. Die bei wiederholten Neueichungen gewonnen Eichkurven glichen sich in allen Fällen.

Als Eichlösungen wurden Volatile Fatty Acid Standard Mix, Fa. Supelco und 2-Methylbuttersäure, Merck-Suchardt (pro Analyse) in verschiedenen Verdünnungen verwendet.

Durch die Probenaufbereitung (Sublimatzusatz, m-Phosphorsäure, interner Standard) ergab sich ein Verdünnungsfaktor von 2,42.

ERGEBNISSE

UNTERSUCHUNGEN AN DER PANSENSCHLEIMHAUT BZW. AN DEN PANSENZOTTEN

Palpatorische Beurteilung der Pansenschleimhaut

Die während der Perioden 1 mit 6 entnommenen Zottenproben hinterließen keine palpatorisch feststellbaren Veränderungen an den Entnahmestellen; auch waren Lücken im Zottenbesatz nicht nachweisbar.

In der Untersuchungsperiode 6 waren bei Kuh II nach 16 Wochen die Pansenzotten verklebt und vor allem im ventralen Pansensack zu kirschgroßen Klumpen zusammengelagert. Einzelne Zotten ließen sich leicht ablösen und waren mit einem schmierigen Belag überzogen. Eine Woche später (nach Azidosebehandlung) waren die Verklumpungen deutlich zurückgegangen und die Zotten weicher. Die leichte Ablösbarkeit der Zotten war aber noch deutlich feststellbar. Bei der Entnahme in der 20. Woche waren keine Verklumpungen oder Verhärtungen mehr zu ertasten.

Unabhängig von der Fütterung erschien während aller Untersuchungsperioden der Zottenbesatz in den homologen Regionen von Kuh II verglichen mit Kuh I dichter.

Länge, Breite und Oberfläche der entnommenen Pansenzotten

In den Untersuchungsperioden 1 mit 5 waren keine Veränderungen der Länge, Breite und Oberfläche feststellbar.

In der Versuchsperiode 6 zeigte sich jedoch mit steigender Kraftfutterfütterung ein deutliches Wachstum der Pansenzotten bei beiden Kühen.

Zottenlänge

Bei beiden Kühen waren während aller Untersuchungsperioden die Zotten des Atrium ruminis länger als die des ventralen Pansensacks. Im Verlauf der Untersuchungsperioden 1 mit 5 waren keine Veränderungen erkennbar.

In der Untersuchungsperiode 6 wurden mit Erhöhung des Kraftfutteranteils in der Futterration bei beiden Kühen längere Zotten gemessen.

Die durchschnittliche Pansenzottenlänge sowie die gemessenen Maximal- und Minimalwerte an den entsprechenden Entnahmetagen für jede Entnahmestelle sowie der Durchschnittswert aus beiden Entnahmestellen sind für die Perioden 1 mit 5 für Kuh I in Tab. 4 und für Kuh II in Tab. 5 aufgeführt. Die Werte für die Periode 6 finden sich für beide Kühe in Tab. 6.

Zottenbreite

Im Verlauf der Perioden 1 mit 5 waren bei beiden Kühen keine deutlichen Veränderungen der Zottenbreite feststellbar.

In der Periode 6 nahm die durchschnittliche Pansenzottenbreite an den zwei Entnahmestellen bei beiden Kühen deutlich zu. Dabei ergaben sich die größten Durchschnittswerte für die Zotten von Kuh II. Die Maße der Zotten aus dem ventralen Pansensack überstiegen im Verlauf der Periode 6 bei beiden Kühen die der Zotten aus dem Atrium ruminis. Die durchschnittlichen Pansenzottenbreiten an den Entnahmestellen A und B in den Perioden 1 mit 5 sind für beide Tiere in Tab. 7 aufgeführt. Die Werte der Periode 6 sind in Tab. 8 (Kuh I und II) zu finden.

Abb. 3 und 4 zeigen die Veränderung der Zottenbreite in der Untersuchungsperiode 6 jeweils für Kuh I und Kuh II.

Tabelle 4:

Durchschnittliche Zottenlänge in mm ($\bar{\phi}A, \bar{\phi}B$), maximale (A max, B max) und minimale (A min, B min) Zottenlänge in mm sowie die Durchschnittswerte der Entnahmestellen ($\bar{\phi} A/B$) im Verlauf der Untersuchungsperioden 1 mit 5 bei Kuh I

Periode	Woche	A max	A min	$\bar{\phi}A$	B max	B min	$\bar{\phi}B$	$\bar{\phi} A/B$
1	0	14,2	6,1	10,7	8,1	4,1	6,2	8,4
	1	12,2	8,8	9,3	6,9	3,9	5,5	7,4
	2	11,9	7,1	9,9	8,0	4,6	6,8	8,3
	3	12,3	4,9	10,8	8,9	3,7	7,7	9,2
	4	11,0	5,3	9,7	7,3	3,7	5,7	7,7
	5	14,7	5,1	10,1	7,9	5,3	7,1	8,6
	6	16,3	6,8	11,9	7,7	4,8	5,3	6,5
	8	13,1	7,3	12,2	9,7	4,0	6,4	9,3
2	10/0	13,5	7,5	10,2	9,4	5,1	7,1	8,6
	1	13,8	8,6	11,0	8,9	6,1	7,2	8,6
	2	17,2	7,3	11,9	7,6	5,3	6,8	9,3
	3	13,6	7,7	11,0	8,6	6,1	7,5	9,2
	4	12,1	5,2	9,3	8,5	4,7	6,0	7,6
	6	13,2	5,3	9,0	7,5	3,5	5,4	7,2
3	0/7	12,9	7,3	10,2	7,6	3,6	5,7	7,7
	2	13,9	6,5	10,9	6,5	3,4	5,2	8,0
	3	17,5	8,8	11,7	7,2	4,8	6,0	8,8
4	4/0	15,9	6,7	11,2	8,4	4,8	6,9	9,0
	2	11,2	5,7	9,1	6,6	3,6	5,0	7,0
	3	18,6	5,7	11,1	8,7	4,4	6,2	8,6
	5	13,6	6,0	9,7	6,8	4,2	5,1	7,4
5	0/6	14,3	6,7	10,9	7,6	3,6	6,0	8,4
	2	16,5	7,8	11,6	7,9	3,6	5,1	8,3
	4	14,7	6,5	10,7	7,9	4,9	6,9	8,8
	10/0	12,6	8,1	10,5	6,7	3,4	5,1	7,8

Tabelle 5:

Durchschnittliche Zottenlänge in mm ($\bar{\phi}A, \bar{\phi}B$), maximale (A max, B max) und minimale (A min, B min) Zottenlänge in mm sowie die Durchschnittswerte der Entnahmestellen ($\bar{\phi} A/B$) im Verlauf der Untersuchungsperioden 1 mit 5 bei Kuh II

Periode	Woche	A max	A min	$\bar{\phi}A$	B max	B min	$\bar{\phi}B$	$\bar{\phi} A/B$
1	0	11,4	6,2	9,3	10,1	5,9	7,3	8,3
	1	9,9	5,7	7,8	8,7	5,7	7,0	7,4
	2	10,6	8,3	9,1	8,3	6,0	7,4	8,2
	3	13,3	7,7	9,8	9,5	3,2	6,9	8,3
	4	12,6	7,1	8,8	9,8	5,7	7,9	8,3
	5	12,6	5,8	9,4	8,1	4,4	7,1	8,2
	6	11,5	6,1	8,7	10,0	5,3	8,1	8,4
	8	12,1	6,5	9,3	8,0	4,9	6,7	8,0
2	10/0	13,2	9,1	10,7	8,8	5,6	8,0	9,3
	1	12,6	7,9	10,2	8,5	5,4	7,3	8,7
	2	14,9	7,1	11,4	10,0	6,4	8,3	9,8
	3	15,5	8,1	10,9	8,3	5,6	7,1	9,0
	4	12,8	7,1	9,5	9,9	6,3	7,8	8,6
	6	10,8	7,0	8,6	10,0	5,0	7,5	8,0
3	0/7	15,2	5,5	10,5	8,2	4,7	7,6	9,0
	2	11,5	6,8	9,3	9,1	4,1	6,7	8,0
	3	12,5	6,4	9,1	9,7	5,6	7,0	8,0
4	4/0	10,6	7,1	9,4	9,2	5,1	6,9	8,1
	2	13,0	6,8	9,7	8,1	5,8	7,0	8,3
	3	13,0	6,3	9,5	10,5	6,5	8,3	8,9
	5	14,1	5,4	9,9	8,8	4,5	7,2	8,5
5	0/6	14,5	10,1	12,3	8,9	5,1	7,1	9,6
	2	13,9	5,3	10,5	8,3	5,6	7,3	8,9
	4	16,3	7,5	12,1	8,9	4,9	7,4	9,7
	10/0	13,4	4,4	9,5	9,7	4,7	6,8	8,1

Tabelle 6:

Durchschnittliche Zottenlänge in mm ($\bar{\phi}A, \bar{\phi}B$), maximale (A max, B max) und minimale (A min, B min) Zottenlänge in mm sowie die Durchschnittswerte der Entnahmestellen ($\bar{\phi} A/B$) im Verlauf der Untersuchungsperiode 6 bei Kuh I und Kuh II

Woche	A max	A min	$\bar{\phi}A$	B max	B min	$\bar{\phi}B$	$\bar{\phi} A/B$
0	12,6	8,1	10,5	6,7	3,4	5,1	7,8
1	16,8	4,7	9,8	7,3	3,6	4,7	7,2
2	14,6	7,2	10,4	8,4	5,5	7,1	8,7
4	20,3	8,9	14,0	10,3	5,7	7,2	10,6
7	15,2	8,42	12,2	8,1	5,4	6,5	9,3
8	14,9	8,1	11,7	10,7	5,0	7,1	9,4
11	13,7	8,0	10,4	9,4	4,1	7,6	9,0
13	15,2	6,9	12,4	10,3	7,0	8,6	10,5
14	19,0	11,2	15,7	9,4	5,2	7,6	11,6
16	15,8	8,9	13,6	9,7	6,8	8,1	10,8
17	22,1	9,6	16,6	8,7	5,7	7,4	12,0
20	17,8	13,1	15,4	12,1	7,3	9,3	12,3
22	14,9	6,7	9,6	9,4	2,1	6,2	7,9
24	18,4	4,7	9,3	8,8	5,5	7,1	8,2
0	13,4	4,4	9,5	9,7	4,7	6,8	8,1
1	12,8	6,3	9,5	8,8	4,4	6,5	8,0
2	11,6	6,9	9,7	9,7	5,3	7,6	8,6
4	14,6	8,6	11,9	10,7	5,9	7,6	9,7
7	17,4	11,8	13,5	8,9	6,0	7,2	10,3
8	13,5	8,6	11,1	9,9	6,6	8,0	9,5
11	15,0	6,1	11,8	9,8	6,1	8,0	9,9
13	18,4	5,4	12,6	11,6	7,9	9,9	11,2
14	19,0	10,0	14,7	10,0	8,6	9,6	12,1
16	12,8	10,2	11,3	11,3	7,8	9,4	10,3
17	14,3	7,4	10,8	9,7	6,9	8,5	9,6
19	13,1	6,8	9,7	13,7	2,0	7,5	8,6
20	12,5	8,4	10,7	10,0	4,1	6,7	8,7
24	12,6	3,7	9,3	8,9	7,5	8,1	8,7

Tabelle 7:

Durchschnittliche Pansenzottenbreite an den Entnahmestellen A und B in den Untersuchungsperioden 1 mit 5 bei Kuh I und Kuh II (in mm)

Periode	Woche	Kuh I		Kuh II	
		Ø A	Ø B	Ø A	Ø B
1	0	1,44	1,79	1,98	2,31
	1	1,38	1,81	2,17	1,98
	2	1,51	1,66	2,02	2,44
	3	1,86	1,73	2,21	2,31
	4	1,49	1,61	1,78	2,36
	5	1,71	1,55	2,30	2,39
	6	1,58	1,48	1,94	2,50
	8	1,43	1,89	2,01	2,10
2	10/0	1,79	1,80	2,29	3,09
	1	1,57	1,87	2,39	2,72
	2	1,80	1,60	2,32	3,00
	3	1,60	1,83	2,93	2,70
	4	1,52	1,60	2,46	2,47
	6	1,37	1,52	2,14	2,30
3	0/7	1,76	1,68	2,12	2,77
	2	1,63	1,53	1,97	2,36
	3	1,72	1,50	1,99	2,52
4	4/0	1,56	1,57	1,83	2,37
	2	1,47	1,25	1,82	2,42
	3	1,44	1,47	2,20	2,14
	5	1,70	1,50	2,41	2,38
5	0/6	1,46	1,39	2,31	2,33
	2	1,71	1,45	2,18	2,54
	4	1,61	1,58	1,89	2,14
	10	1,42	1,28	1,88	1,79

Tabelle 8:

Durchschnittliche Pansenzottenbreite an den Entnahmestellen A und B in der Untersuchungsperiode 6 bei Kuh I und Kuh II (in mm)

Woche	Kuh I		Kuh II	
	Ø A	Ø B	Ø A	Ø B
0	1,42	1,28	1,88	1,79
1	1,45	1,38	1,73	1,65
2	1,48	1,60	2,58	2,05
4	2,13	1,80	2,27	2,52
7	2,01	2,03	2,74	3,53
8	1,74	1,93	2,61	3,37
11	1,93	1,92	2,65	3,17
13	2,36	2,26	2,89	3,54
14	2,32	2,83	3,34	3,74
16	1,99	2,78	2,81	3,94
17	2,24	2,39	1,85	3,34
19	-	-	2,12	2,54
20	2,44	2,96	1,99	2,02
22	2,33	1,93	-	-
24	1,85	1,79	1,82	2,56

Abb. 3: Graphische Darstellung der Entwicklung der Zottenbreite (Durchschnittswerte) im Verlauf der Periode 6, Kuh I

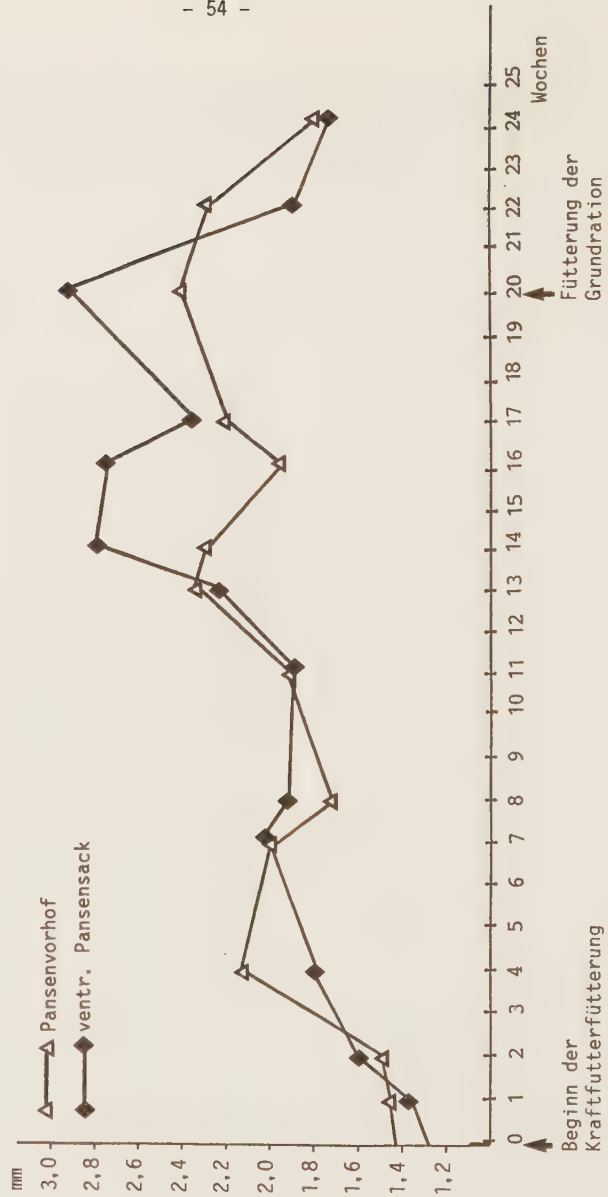
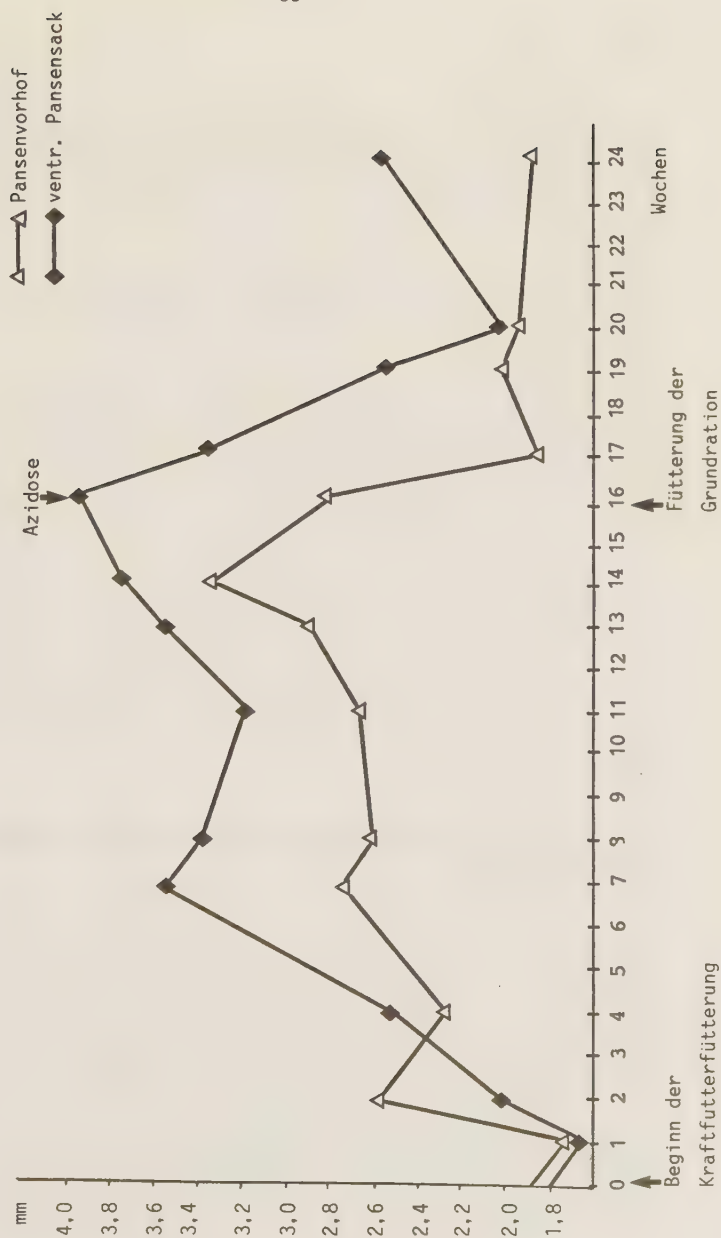


Abb. 4: Graphische Darstellung der Entwicklung der Zottenbreite (Durchschnittswerte) im Verlauf der Periode 6, Kuh II



Zottenoberfläche

Wie nach den Ergebnissen bei der Ermittlung von Zottenlänge und -breite zu erwarten war, zeigten sich auch hinsichtlich der Zottenoberfläche in den Perioden 1 mit 5 keine wesentlichen Veränderungen.

Dagegen war in der Untersuchungsperiode 6 bei beiden Kühen eine Vergrößerung der Zottenoberfläche mit der Umstellung von der Grundration (Periode 5) auf steigende Kraftfuttermengen zu beobachten.

Bei Kuh II war die Zunahme deutlicher, und auch die maximalen Durchschnittswerte waren größer. Nach erneuter Umstellung auf die Grundration nahm bei beiden Kühen die Zottenoberfläche wieder deutlich ab. Die Durchschnittswerte für die Pansenzottenoberfläche, die gemessenen Maximal- und Minimalwerte der entsprechenden Entnahmetage für jede Entnahmestelle sowie der Mittelwert aus beiden Entnahmestellen sind für die Perioden 1 mit 5 für Kuh I in Tab. 9 und für Kuh II in Tab. 10 aufgeführt. Die Werte für die Periode 6 finden sich für beide Kühe in Tab. 11. Die Veränderung der ermittelten Durchschnittswerte der Zottenoberfläche in der Periode 6 ist für Kuh I in Abb. 5 und für Kuh II in Abb. 6 dargestellt.

Ergebnisse der morphometrischen Untersuchungen der Zottenquerschnittspräparate

Die Durchschnittswerte der Zottendicke, der Breite von Lamina epithelialis und Lamina propria, die durchschnittliche Anzahl der Papillae occultae pro bezeichneter Meßstrecke und deren Länge sowie der aus Zottendicke und Zottenbreite errechnete durchschnittliche Flächeninhalt der Pansenzottenquerschnitte finden sich für die Periode 1 in Tab. 12 (Kuh I) und 13 (Kuh II), für Periode 2 und 3 in Tab. 14 (Kuh I) und 15 (Kuh II), für Periode 4 und 5 in Tab. 16 (Kuh I) und 17 (Kuh II) sowie für Periode 6 in Tab. 18 (Kuh I) und 19 (Kuh II).

Tabelle 9:

Durchschnitt. Zottenoberfläche ($\emptyset A, \emptyset B$) in mm², maximale (A max, B max) und minimale (A min, B min) Zottenoberfl. sowie die Durchschnittswerte der Entnahmestellen ($\emptyset A/B$) im Verlauf der Untersuchungsperioden 1 mit 5 bei Kuh I

Periode	Woche	A max	A min	$\emptyset A$	B max	B min	$\emptyset B$	$\emptyset A/B$
1	0	45,9	13,1	30,5	26,1	8,1	17,4	23,9
	1	49,9	9,5	31,1	23,3	7,1	18,7	24,9
	2	56,1	18,5	34,7	24,8	10,8	20,1	27,4
	3	51,1	10,7	28,9	28,6	12,7	21,7	25,3
	4	43,2	14,7	25,4	20,5	9,8	17,1	21,2
	5	61,1	12,1	30,3	21,3	8,7	19,8	25,0
	6	46,2	24,1	36,1	20,3	7,4	14,3	25,2
	8	50,1	13,1	29,9	33,1	10,7	20,1	25,0
2	10/0	47,2	17,3	33,7	30,4	14,0	23,2	28,4
	1	41,5	26,1	31,5	33,6	15,0	24,9	29,2
	2	52,7	16,2	34,6	29,0	9,5	21,8	28,2
	3	44,4	12,5	29,5	32,0	17,2	24,3	26,9
	4	38,2	7,2	23,2	26,8	10,1	15,9	19,6
	6	53,5	9,0	23,1	21,5	7,6	14,5	18,8
3	0/7	42,3	16,7	30,8	21,7	8,7	15,6	23,2
	2	45,2	13,0	30,0	20,2	7,1	14,1	22,0
	3	73,9	21,3	35,2	28,0	8,9	16,8	26,0
4	4/0	50,4	15,4	29,8	28,3	12,6	20,9	25,3
	2	43,5	13,2	24,7	17,8	8,2	11,7	18,2
	3	52,5	8,3	28,5	21,8	8,5	16,1	22,3
	5	43,0	13,6	28,2	20,7	8,5	13,4	20,8
5	0/6	42,9	10,8	26,4	25,9	7,1	15,1	20,7
	2	54,8	18,2	30,4	21,5	6,3	13,3	21,8
	4	47,0	15,1	27,1	27,3	10,9	17,4	22,2
	10/0	37,5	10,1	25,8	18,6	6,8	11,1	18,4

Tabelle 10:

Durchschnitt. Zottenoberfläche ($\emptyset A, \emptyset B$) in mm², maximale (A max, B max) und minimale (A min, B min) Zottenoberfl. sowie die Durchschnittswerte der Entnahmestellen ($\emptyset A/B$) im Verlauf der Untersuchungsperioden 1 mit 5 bei Kuh II

Periode	Woche	A max	A min	$\emptyset A$	B max	B min	$\emptyset B$	$\emptyset A/B$
1	0	52,3	16,7	35,8	34,9	21,3	28,1	31,9
	1	47,3	14,9	36,4	39,0	12,8	23,9	30,1
	2	46,9	11,3	31,8	41,1	18,8	26,7	29,2
	3	58,4	18,5	40,1	37,2	23,3	30,4	35,2
	4	48,8	19,1	30,0	33,3	12,2	24,7	27,3
	5	59,3	20,7	37,8	38,3	27,5	31,9	34,8
	6	45,6	14,5	31,0	36,6	30,1	34,3	32,6
	8	58,2	23,9	41,7	39,8	18,3	32,5	37,1
2	10/0	65,0	25,6	43,0	49,7	30,0	40,0	41,5
	1	60,3	19,3	39,4	46,4	20,5	34,1	36,7
	2	80,9	14,3	42,7	51,5	33,0	41,4	42,0
	3	55,7	39,2	47,5	37,8	25,3	33,4	40,4
	4	55,8	17,2	38,1	42,6	22,1	32,2	35,1
	6	55,6	18,3	32,8	38,8	24,8	31,2	32,0
3	0/7	60,8	14,1	38,3	45,8	16,9	31,7	35,0
	2	43,5	14,5	31,9	36,0	20,4	27,1	29,5
	3	51,5	14,7	32,8	39,9	24,2	30,5	31,6
4	4/0	47,4	14,5	30,4	36,6	18,7	29,4	29,9
	2	49,8	18,4	33,5	36,4	26,8	30,6	32,0
	3	48,1	11,3	34,0	36,0	24,3	31,4	29,1
	5	66,5	11,7	40,8	38,0	19,5	29,7	35,2
5	0/6	69,5	38,0	49,8	38,9	19,2	27,2	38,5
	2	69,9	11,0	39,7	39,8	15,7	31,8	35,7
	4	57,0	19,6	34,3	44,2	13,8	26,5	21,1
	10	65,0	8,4	31,1	37,2	10,5	21,1	26,2

Tabelle 11:

Durchschnitt. Zottenoberfläche ($\emptyset A, \emptyset B$) in mm², maximale (A max, B max) und minimale (A min, B min) Zottenoberfl. sowie die Durchschnittswerte der Entnahmestellen ($\emptyset A/B$) im Verlauf der Untersuchungsperiode 6 bei Kuh I und Kuh II

Woche	A max	A min	$\emptyset A$	B max	B min	$\emptyset B$	$\emptyset A/B$
0	37,5	10,1	25,8	18,6	6,8	11,1	18,4
1	46,7	10,9	25,0	18,8	6,7	12,2	18,6
2	45,5	17,1	26,9	25,7	14,2	20,3	23,6
4	87,0	19,6	47,9	34,3	14,4	24,6	36,2
7	88,5	24,7	44,0	34,5	13,5	23,9	33,9
8	65,1	20,0	37,5	42,6	11,9	26,6	32,0
11	46,3	20,2	34,7	38,8	11,6	27,3	31,0
13	64,5	29,2	48,3	47,3	22,1	33,9	41,3
14	94,8	30,9	59,9	51,9	24,6	39,5	49,7
16	57,0	21,5	48,0	54,5	29,9	41,0	44,5
17	98,3	43,1	65,4	39,7	25,7	31,6	48,5
20	84,4	42,2	68,0	66,0	32,1	48,2	58,1
22	54,0	15,3	35,2	31,4	4,2	22,8	29,0
24	53,3	10,2	28,4	25,8	18,5	22,4	25,4
0	65,0	8,4	31,1	37,4	10,5	21,1	26,1
1	41,4	19,7	29,0	27,0	10,1	18,6	23,8
2	59,7	24,9	43,2	39,8	10,2	27,8	35,5
4	60,0	27,5	45,5	50,4	18,7	36,0	40,7
7	103,5	44,5	62,1	60,5	37,2	47,4	54,7
8	72,3	28,6	50,2	64,3	36,3	45,7	47,9
11	80,1	29,9	53,2	51,6	35,8	44,8	49,0
13	118,7	22,0	66,0	80,8	44,3	60,4	63,2
14	154,0	38,2	84,6	79,0	45,4	62,0	73,3
16	80,9	33,8	53,5	78,4	47,1	60,6	57,0
17	53,1	15,1	35,6	60,4	39,0	48,0	41,8
19	49,0	23,3	34,0	82,4	7,9	33,0	33,5
20	50,9	17,4	35,1	43,5	9,8	24,7	29,9
24	44,1	8,7	28,9	41,0	28,8	35,0	31,9

Abb. 5: Graphische Darstellung der Entwicklung der Zottenoberfläche (Durchschnittswerte) im Verlauf der Periode 6, Kuh I

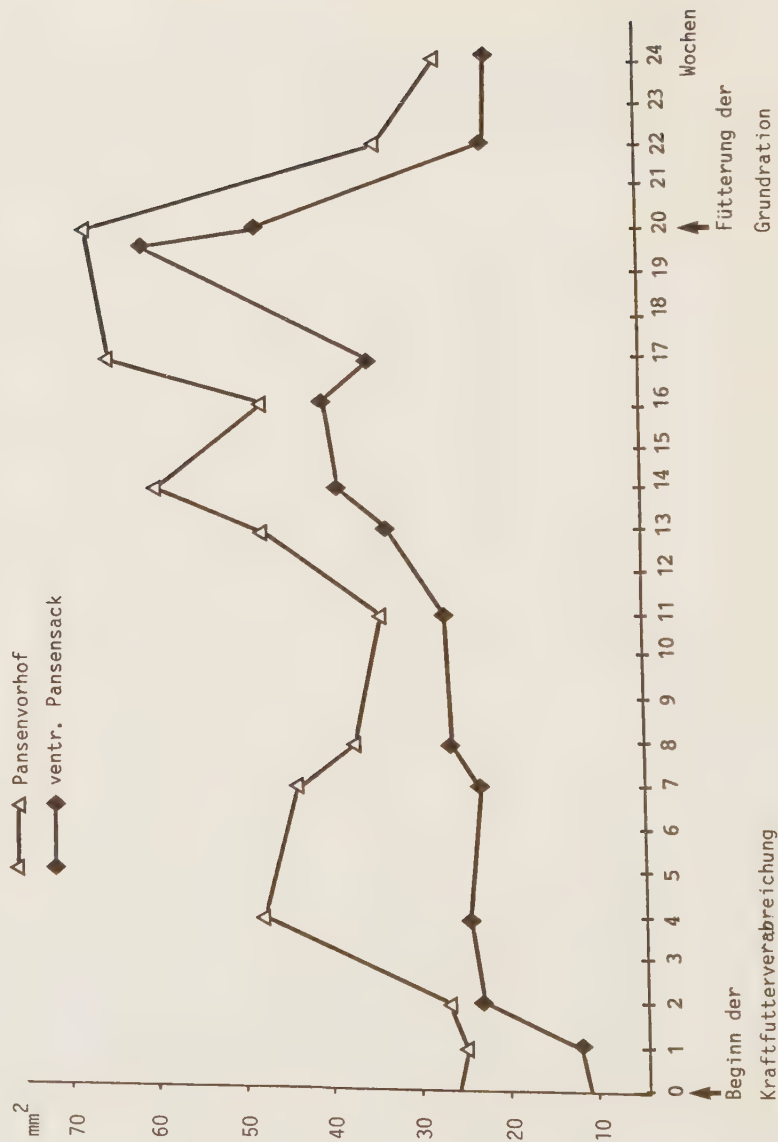
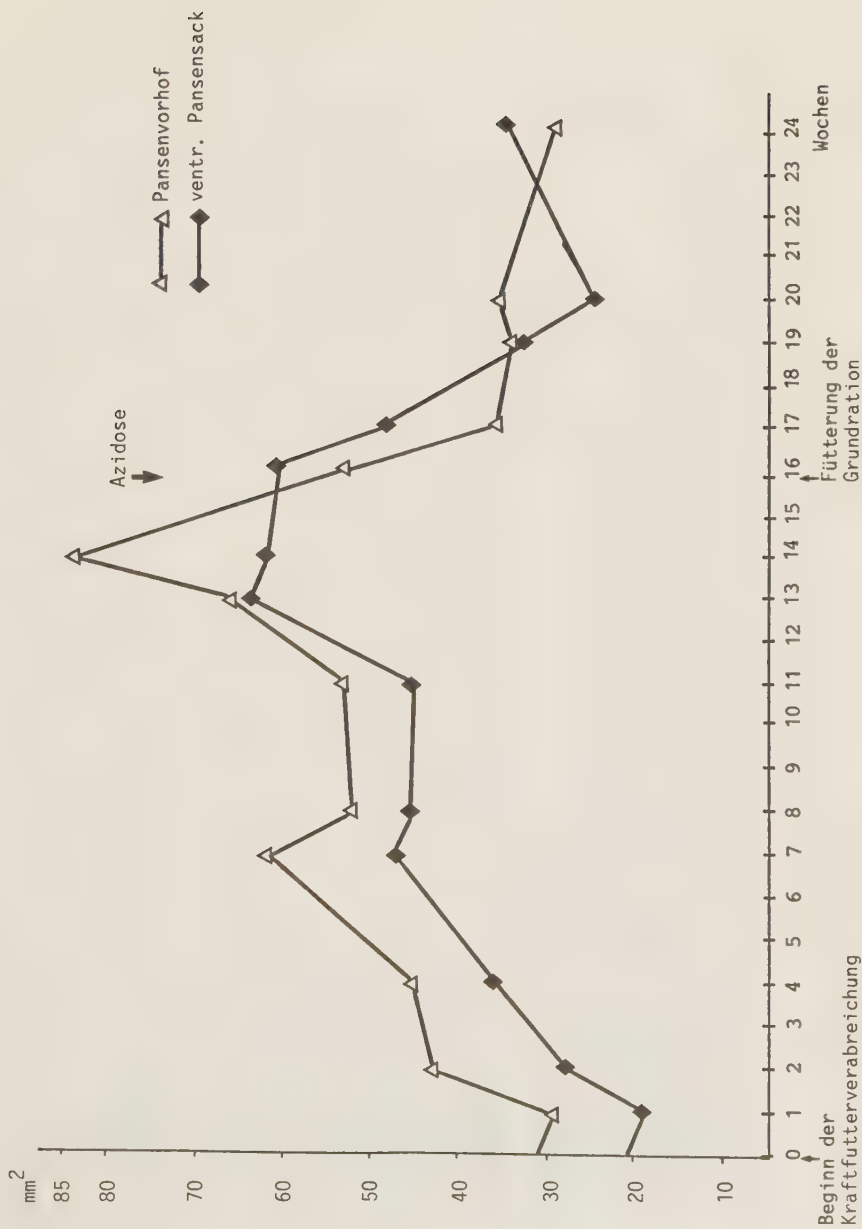


Abb. 6: Graphische Darstellung der Entwicklung der Zottenoberfläche (Durchschnittswerte)
im Verlauf der Periode 6, Kuh II



Durchschnittliche Zottendicke, Breite von Lamina epithelialis und Lamina propria, durchschnittliche Anzahl der Papillae occultae (in der Meßstrecke) und deren Länge sowie durchschnittlicher Flächeninhalt der Zottenquerschnitte

Tabelle 12: Kuh I, Periode 1

Wochen	0	1	2	3	4	5	6	8	10
Zottendicke in μm	314	297	298	249	300	283	311	272	280
Breite L. propria. in μm	162	107	132	91	130	113	145	130	118
Breite L. epithel. in μm	76	95	83	79	85	85	83	71	81
Anzahl P. occultae	9,5	13,3	11,6	11,6	7	10,2	11,3	9,2	11,2
$\emptyset$ Länge P. occ. in μm	49	55	70	53	52	68	71	51	70
Flächeninhalt in mm^2	0,56	0,53	0,49	0,43	0,48	0,48	0,46	0,51	0,50

Tabelle 13: Kuh II, Periode 1

Wochen	0	1	2	3	4	5	6	8	10
Zottendicke in μm	232	282	270	238	257	221	233	296	216
Breite L. propria. in μm	108	130	140	116	129	83	105	160	90
Breite L. epithel. in μm	62	76	65	61	64	69	64	68	63
Anzahl P. occultae	14,5	12	13,5	12	11,1	12,3	11	11	10
$\emptyset$ Länge P. occ. in μm	41	55	43	39	45	40	41	54	31
Flächeninhalt in mm^2	0,53	0,56	0,65	0,54	0,60	0,52	0,58	0,82	0,66

Durchschnittliche Zottendicke, Breite von Lamina propria und Lamina epithelialis, durchschnittliche Anzahl der Papillae occultae (in der Meßstrecke) und deren Länge sowie durchschnittlicher Flächeninhalt der Zottenquerschnitte

Tabelle 14: Kuh I, Periode 2 und Periode 3

Wochen	0	1	2	3	4	6	7/0	2	3	4
Zottendicke in μm	280	300	274	286	328	348	298	214	272	282
Breite L. propria. in μm	118	150	144	156	156	201	169	84	201	134
Breite L. epithel. in μm	81	75	65	65	86	68	69	65	71	74
Anzahl P. occultae	11,2	8,7	10,5	9,4	10,3	9,8	8,2	7,0	6,6	10
Ø Länge P. occ. in μm	70	63	59	61	63	56	52	38,1	34	52
Flächeninhalt in mm^2	0,50	0,56	0,43	0,52	0,52	0,52	0,50	0,32	0,40	0,44

Tabelle 15: Kuh II, Periode 2 und Periode 3

Wochen	0	1	2	3	4	6	7/0	2	3	4
Zottendicke in μm	216	328	279	257	239	253	303	259	221	295
Breite L. propria. in μm	90	180	87	125	113	109	143	119	89	123
Breite L. epithel. in μm	63	74	96	66	63	72	80	70	66	86
Anzahl P. occultae	9	9,6	11	9,6	9,5	13,3	13	12	10,1	13,8
Ø Länge P. occ. in μm	31	60	53	48	39	47	60	46	42	48
Flächeninhalt in mm^2	0,66	0,89	0,83	0,69	0,59	0,58	0,83	0,61	0,52	0,69

Durchschnittliche Zottendicke, Breite von Lamina propria und Lamina epithelialis, durchschnittliche Anzahl der Papillae occultae (in der Meßstrecke) und deren Länge sowie durchschnittlicher Flächeninhalt der Zottenquerschnitte

Tabelle 16: Kuh I, Periode 4 und Periode 5

Wochen	0	2	3	5	6/0	2	4	10
Zottendicke in μm	282	261	329	296	302	278	314	309
Breite L. propria. in μm	134	131	167	134	146	142	172	181
Breite L. epithel. in μm	74	65	81	81	78	68	71	71
Anzahl P. occultae	10	8,4	10,1	9,9	10,5	9	6,1	9,1
Ø Länge P. occ. in μm	52	46	68	61	51	63	48	50
Flächeninhalt in mm^2	0,44	0,32	0,48	0,44	0,41	0,40	0,49	0,54

Tabelle 17: Kuh II, Periode 4 und Periode 5

Wochen	0	2	3	5	6/0	2	4	10
Zottendicke in μm	295	292	294	240	235	257	236	274
Breite L. propria. in μm	123	126	114	102	87	103	113	148
Breite L. epithel. in μm	86	83	81	69	74	73	69	63
Anzahl P. occultae	13,8	14,1	10	9,3	8,5	9,7	9,9	10
Ø Länge P. occ. in μm	48	63	59	42	31	34	43	64
Flächeninhalt in mm^2	0,69	0,70	0,64	0,57	0,54	0,65	0,50	0,49

Durchschnittliche Zottendicke, Breite von Lamina propria und Lamina epithelialis (in μm), durchschnittliche Anzahl der Papillae occultae (in der Meßstrecke) und deren Länge (in μm) sowie durchschnittlicher Flächeninhalt der Zottenquerschnitte (mm^2)

Tabelle 18: Kuh I, Periode 6

Wochen	0	1	2	4	7	8	11	13	14	16	17	20	22	24
Zottendicke (μm)	309	391	313	226	238	260	295	308	289	272	334	319	224	318
Breite L. propria (μm)	181	195	113	100	110	84	137	138	147	124	232	187	124	164
Breite L. epithel. (μm)	71	98	100	63	64	88	79	85	71	74	51	66	50	77
Anzahl P. occ.	9,1	10	12,6	11,7	9	10,9	12	11	10	13	10,1	9,6	6,1	7,1
$\emptyset$ Länge P. occultae	50	85	73	45	37	53	73	73	68	72	81	79	37	49
Flächeninhalt (mm^2)	0,54	0,53	0,50	0,47	0,48	0,50	0,56	0,69	0,64	0,65	0,83	0,94	0,42	0,56

Tabelle 19: Kuh II, Periode 6

Wochen	0	1	2	4	7	8	11	13	14	17	19	20	24
Zottendicke (μm)	274	275	293	187	251	204	252	280	272	289	176	223	282
Breite L. propria (μm)	148	77	103	75	115	102	112	138	120	119	56	89	107
Breite L. epithel. (μm)	63	99	95	56	68	51	70	71	76	85	60	67	76
Anzahl P. occ.	10	12,3	13,3	10	9,5	10,1	9,5	10,5	11	7,3	7,1	9,2	9
$\emptyset$ Länge P. occultae	64	58	70	35	48	51	66	63	64	65	39	43	41
Flächeninhalt (mm^2)	0,49	0,45	0,60	0,47	0,88	0,68	0,79	0,99	1,01	0,96	0,44	0,45	0,72

Ergebnisse der histologischen Beurteilung der entnommenen Pansen- zotten

Kuh I, Vorperiode und Untersuchungsperiode 2, 4 und 5
(Fütterung: Grundration)

Nach mehrwöchiger ausschließlicher Fütterung mit der energiearmen Grundration zeigen die Zottenquerschnitte ein relativ einheitliches Bild. Das Stratum corneum setzt sich aus mehreren Schichten plättchenförmiger Hornzellen zusammen. Ballonförmige Hornzellen fehlen fast vollständig, Körnerzellen vom Typ B sind einzeln vorhanden. Das Stratum basale und das Stratum parabasale bestehen aus wenigen Schichten iso- bis leicht hochprismatischer Zellen. Die Epithelzapfen sind schmal und spitz auslaufend. Sie sind in relativ geringer Zahl vorhanden und meist durch eine verbreiterte Lamina propria getrennt.

Der Papillarkörper erscheint relativ schwach differenziert. Kapillaranschnitte sind in geringer Zahl vorhanden und klein.

Kuh II, Vorperiode und Untersuchungsperiode 1, 3 und 5
(Fütterung: Grundration)

Auch bei Kuh II ist das lichte histologische Bild der Zottenquerschnitte bei ausschließlich energiearmer Fütterung relativ einheitlich und entspricht weitgehend den Befunden bei Kuh I.

Das Stratum corneum besteht aus 2 bis 5 Schichten plättchenförmiger Hornzellen, die häufig relativ locker übereinander liegen. Ballonförmige Hornzellen sind vereinzelt (häufiger als bei Kuh I) zu finden, und teilweise lösen sich Hornteile von den oberen Schichten des Stratum corneum ab. Körnerzellen vom Typ B treten häufig auf.

Stratum basale und parabasale entsprechen weitgehend denen der Kuh I.

Die Epithelzapfen sind von kurzer, gedrungener Form. Der Papil-

larkörper ist schwach gefurcht, Gefäßanschnitte kleiner bis mittelgroßer Gefäße sind relativ häufig vorhanden.

Kuh I, Periode 1

(täglich 2 x 250 g Na-Butyrat intraruminal zur Grundration)

Zu Beginn der Periode 1 bot sich das Bild wie nach mehrwöchiger Fütterung der Grundration (Abb. 7A).

Eine Woche nach Beginn der Na-Butyratapplikationen bestand das Stratum corneum aus 3-4 Schichten plättchenförmiger Hornzellen. Körnerzellen vom Typ B treten deutlich häufiger in Erscheinung. Ballonförmige Hornzellen sind vereinzelt anzutreffen.

Das Stratum basale und parabasale bestehen aus 1-2 Lagen deutlich hochprismatischer Zellen. Diese orientieren sich mit dem Basalteil zum nächstliegenden Gefäß, von denen die Lamina propria nun zahlreicher durchsetzt ist. Die relativ kleinen Gefäßanschnitte finden sich sowohl zwischen den Epithelzapfen, als auch an deren Basis. Die Epithelzapfen sind etwas deutlicher ausgeprägt und von runder Gestalt. Der Papillarkörper ist mittelgradig gefurcht (Abb. 7B). Im weiteren Verlauf der Periode 1 bleibt das Stratum corneum zwei- bis vierschichtig, es besteht aus plättchenförmigen Hornzellen. Körnerzellen (Typ B) sind 4 Wochen nach Beginn der Infusionen wieder weniger häufig zu finden als zu Beginn der Periode. Stratum basale und parabasale sind nur ein- bis zweischichtig, die Zellen jedoch zunehmend hochprismatisch.

Zehn Wochen nach Versuchsbeginn sind die Zellen extrem hochprismatisch mit z.T. sichelförmiger Form, der Basalteil ist zum nächstliegenden Gefäß ausgerichtet. Die Gefäße in den Papillae occultaes sind zur Epithelseite hin z.T. rosettenförmig von den Basalzellen umgeben. Dadurch erhalten die Epithelzapfen, die nun breiter und länger sind, größtenteils eine trichterförmige Gestalt. Die Papillae occultaes schieben sich, große Gefäße enthaltend, zwischen die ausladenden Epithelzapfen. Die Anzahl und Größe der Gefäße ist im Vergleich zum Ausgangswert deutlich erhöht (Abb. 8).

Bei Kuh II waren während der Versuchsperiode 1 (Grundration) dagegen keine wesentlichen histologischen Veränderungen in den lichtmikroskopischen Präparaten festzustellen. Es zeigten sich unverändert die beschriebenen Verhältnisse bei mehrwöchiger Fütterung der Grundration.

Eine Woche nach dem Absetzen der Na-Butyratapplikationen (Kuh I) findet sich ein zwei- bis dreischichtiges St. corneum, bestehend aus plättchenförmigen Hornzellen. Ballonzellen treten nicht auf, jedoch sind vereinzelt Körnerzellen vom Typ B anzutreffen. Die Zellen von St.basale und parabasale sind noch deutlich hochprismatisch, wenngleich die Epithelzapfen auffallend schmaler und kürzer geworden sind. Gefäßanschnitte sind noch sehr zahlreich vorhanden.

Zwei Wochen nach Beginn der Periode 2 gleicht das histologische Bild der Pansenschleimhaut weitgehend dem nach ausschließlicher Fütterung der Grundration (Vorperiode).

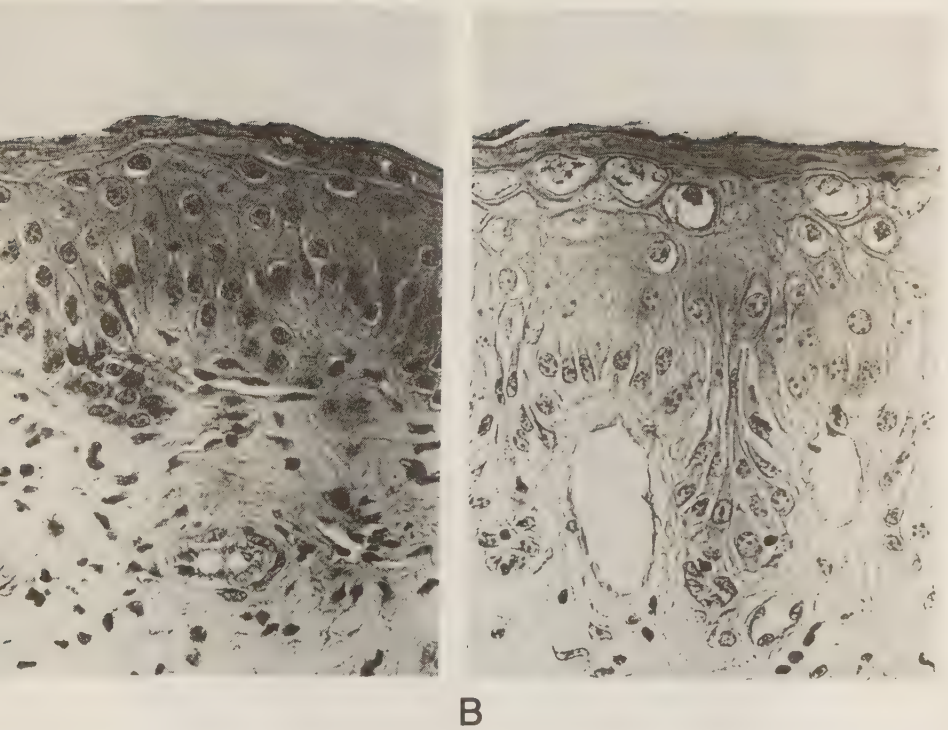
Kuh II, Untersuchungsperiode 2

(täglich 2x je 100 g Na-Butyrat + 100 g Na-Propionat intraruminal zur Grundration)

Zu Beginn der Untersuchungsperiode 2 findet sich das für Kuh II typische histologische Bild der Pansenschleimhaut nach Fütterung der Grundration (Abb. 9A).

Nach 1 Woche intraruminaler Infusionen von Na-Butyrat und Na-Propionat zeigen sich strukturelle Veränderungen im Bau der Tunica mucosa des Pansen (Abb. 9B). Das Stratum corneum erscheint kompakter und besteht aus 2-3 Schichten plättchenförmiger Hornzellen. Ballonförmige Hornzellen sind nicht mehr zu finden, auch Körnerzellen (Typ B) treten nicht auf. Stratum basale und parabasale bestehen aus 2-3 Lagen isoprismatischer Zellen. Die Epithelzapfen sind deutlicher ausgeprägt und von runder zungenförmiger Gestalt. Die bei Kuh II ohnehin zu beobachtende deutliche Vaskularisation nimmt zu, und in den breiten Papillae occultae finden sich weitgestellte Gefäße.

Das beschriebene Bild ist bis zum Absetzen der intraruminalen In-



B

Abb. 7: Struktur der Lamina epithelialis und der Lamina propria mucosae einer Pansenzotte von Kuh I nach achtwöchiger Fütterung der Grundration (A) und nach einer Woche zusätzlicher intraruminaler Applikation von täglich 250 g Na-Butyrat (B)
Vergrößerung X 500



Abb. 8: Struktur der Lamina epithelialis mucosae und der Lamina propria mucosae einer Pansenzotte von Kuh I nach zehnwöchiger intraruminaler Applikation von 2 x 250 g Na-Butyrat/Tag zusätzlich zur Fütterung (Grundration)
Vergrößerung X 500

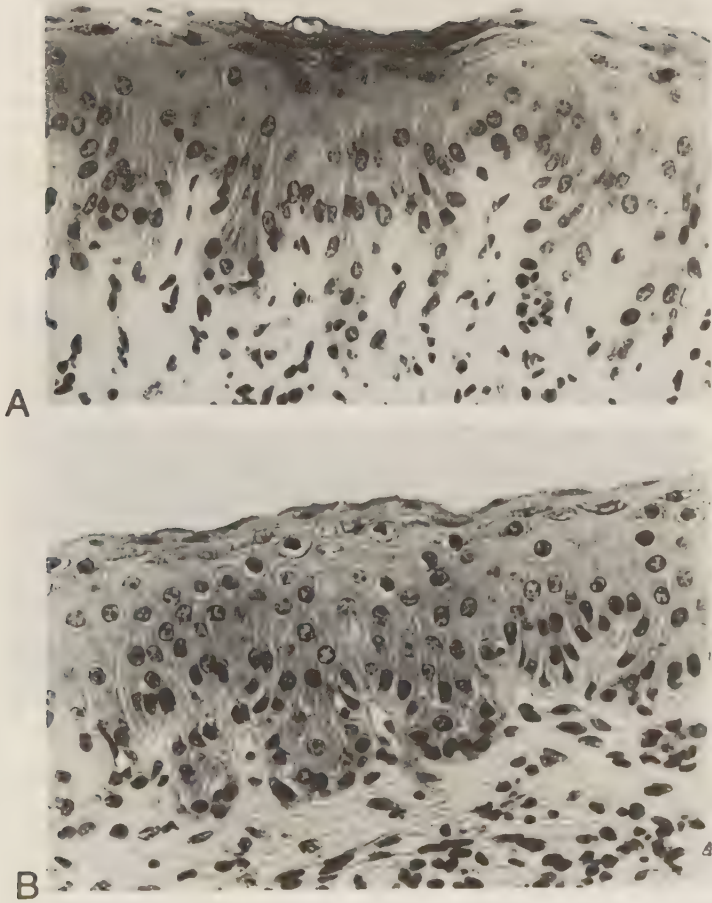


Abb. 9: Struktur der Lamina epithelialis mucosae und der Lamina propria mucosae einer Pansenzotte von Kuh II nach mehrwöchiger Fütterung der Grundration (A) und nach einer Woche zusätzlicher intraruminaler Applikation von 2 x je 100 g Na-Butyrat + 100 g Na- Propionat pro Tag (B)
Vergrößerung X 400

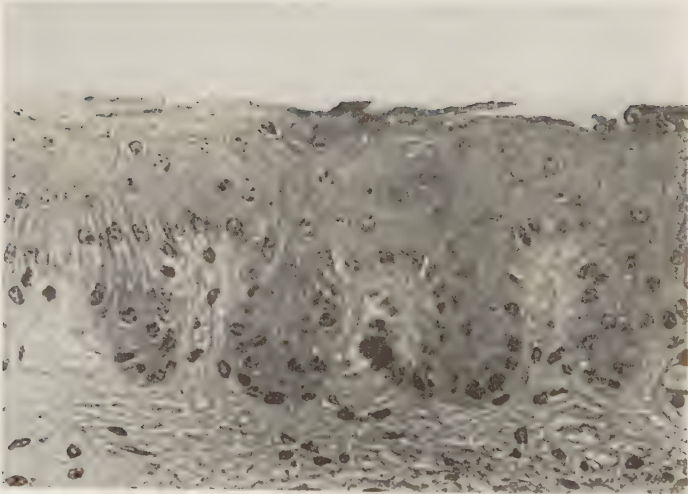


Abb. 10: Struktur der Lamina epithelialis mucosae und der Lamina propria mucosae einer Pansenzotte von Kuh II nach siebenwöchiger intraruminaler Applikation von 2 x je 100 g Na-Butyrat + 100 g Na-Propionat pro Tag
Vergrößerung X 400

fusionen von Na-Butyrat und Na-Propionat vorherrschend (Abb. 10).

Zwei Wochen nach Beginn der Periode 3 (Grundration ohne Zusatz) erscheint das zwei- dreischichtige Stratum corneum bei Kuh II wieder aufgelockerter. Die Gefäße in der Lamina propria erscheinen noch dilatiert.

Drei Wochen nach der Umstellung finden sich wieder die histologischen Verhältnisse wie zu Ende der Periode 1 und wie sie für Kuh II bei mehrwöchiger Fütterung der Grundration beschrieben wurden.

Kuh I, Untersuchungsperiode 3

(täglich 1 x 200 g Önanthsäuretriglycerid intraruminal zur Grundration)

Nach Verabreichung von 200g Önanthsäuretriglycerid /Tag über vier Wochen sind bei Kuh I keine morphologischen Veränderungen der Tunica mucosa zu erkennen. Die beschriebenen Verhältnisse bei ausschließlicher Fütterung energiearmer Rationen (Grundration) sind über die gesamte Versuchsperiode zu beobachten. Auch nach dem Absetzen der Infusionen (P4) sind keine Veränderungen ersichtlich.

Kuh II, Periode 4

(täglich 2 x 200 g Önanthsäuretriglycerid intraruminal zur Grundration)

Mit zunehmender Dauer der intraruminalen Infusionen von 2 x 200 g Önanthsäuretriglycerid treten deutliche Veränderungen im Pansenzottenquerschnittsbild, insbesondere im Epithel auf. Ausgehend vom typischen Bild nach Fütterung der Grundration finden sich zwei Wochen nach Beginn der intraruminalen Infusionen von zweimal

täglich 200 g Önathsäuretriglycerid vereinzelt ballonförmige Hornzellen im Stratum corneum, dessen zwei bis drei Lagen plättchenförmiger Hornzellen locker geschichtet erscheinen. Vereinzelt treten Hornabschilferungen auf. Körnerzellen (Typ B) sind sehr zahlreich vorhanden. Stratum basale und Stratum parabasale bestehen aus wenigen Schichten isoprismatischer Zellen. Die Epithelzapfen sind kurz und von stumpf kegelförmiger Gestalt. Der Papillarkörper ist geringgradig differenziert. Die Zahl der Gefäßanschnitte ist leicht erhöht.

Drei Wochen nach Versuchsbeginn finden sich im Stratum corneum vermehrt ballonförmige Hornzellen. Die 3-4 Schichten plättchenförmiger Hornzellen wirken stark aufgelockert. Nach 5 Wochen stellt sich das Stratum corneum als Schicht von drei bis vier Lagen ballonförmiger Hornzellen dar, in der nur vereinzelt plättchenförmige Hornzellen erscheinen. Stellenweise sind Körnerzellen (Typ B) erkennbar. Epithelzapfen sind kaum noch vorhanden und sehr kurz. Der Papillarkörper wird mit der Dauer der Untersuchungsperiode zunehmend flacher und zeigt nur noch eine geringfügige Gliederung. Insgesamt erscheinen die Zotten zum Ende der Untersuchungsperiode 4 sehr dünn (Abb. 11).

Die beschriebenen Veränderungen (Auftreten von Ballonzellen) waren in den Zotten des Atrium ruminis etwa eine Woche früher zubeobachten als in denen des ventralen Pansensackes.

Zwei Wochen nach Absetzen der Infusionen besteht das Stratum corneum aus 2-3 Schichten von z.T. leicht gequollenen plättchenförmigen Hornzellen und vereinzelt Haufen ballonförmiger Hornzellen. Die Epithelzapfen sind wieder länger und von schmaler, spitzer Form. Der Papillarkörper ist wieder stärker gegliedert. Vier Wochen nach dem Absetzen der Infusionen stellen sich, mit Ausnahme der noch vereinzelt vorhandenen ballonförmigen Hornzellen, die bei alleiniger Fütterung der Grundration für Kuh II typischen Strukturen der Tunica mucosae wieder ein.

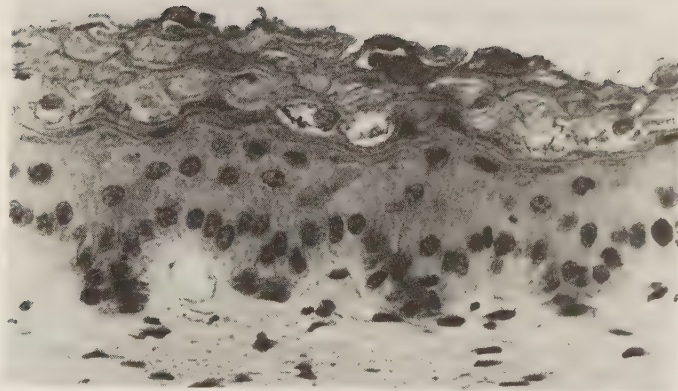


Abb. 11: Struktur der Lamina epithelialis mucosae und der Lamina propria mucosae einer Pansenzotte von Kuh II nach sechswöchiger intraruminaler Applikation von 2 x 200 g Önanthensäuretriglycerid / Tag zusätzlich zur Grundration
Vergrößerung X 500

Kuh I, Untersuchungsperiode 6

Zu Beginn liegen die, für mehrwöchige Fütterung der Grundration, typischen (s. oben) histologischen Verhältnisse vor.

Eine Woche nach Umstellung der Fütterung auf 4 kg Heu und 4 kg KF pro Tag besteht das Stratum corneum aus 3-4 Schichten plättchenförmiger Hornzellen und erscheint sehr kompakt. Das Stratum basale und das Stratum parabasale bestehen aus mehreren Schichten iso- bis leicht hochprismatischer Zellen. Die Epithelzapfen sind spitzkegelförmig schmal aber relativ lang. Der Papillarkörper ist mittelgradig gefurcht. Anschnitte kleiner Gefäße sind etwas zahlreicher zu finden.

Zwei Wochen nach Futterumstellung sind, bei sonst unverändertem Bild, die Epithelzapfen deutlicher ausgeprägt und der Papillarkörper stärker differenziert.

Vier Wochen nach Beginn der Periode 6 wird das Stratum corneum aus 2-3 Schichten plättchenförmiger Zellen gebildet. Ballonförmige Hornzellen sind nicht zu finden. Es ist eine deutliche Verkürzung der Epithelzapfen zu beobachten, die nun sehr kurz und gedrungen erscheinen, aber noch zahlreich vorhanden sind.

Nach 7 Wochen stellt sich das Stratum corneum aus 1-2 Schichten plättchenförmiger Hornzellen bestehend dar. Stratum basale und parabasale setzen sich aus wenigen Schichten iso- bis hochprismatischer Zellen zusammen. Die Epithelzapfen sind zahlenmäßig deutlich reduziert und kurz, so daß der Papillarkörper fast ungefurcht erscheint. Gefäßanschnitte mittelgroßer Kapillaren sind häufig zu sehen. Die Gesamtdicke der Zotten ist deutlich reduziert.

Mit fortgesetzter Steigerung der Kraftfuttermittelverabreichung bleibt das Stratum corneum zunächst unverändert kompakt. Stratum basale und parabasale bestehen aus mehreren Schichten zunehmend hochprismatischer Zellen. Die Länge der Epithelzapfen nimmt wieder zu, ihre Form wird zusehends breiter und von zapfenförmiger Gestalt. Der Papillarkörper tritt deutlich differenziert hervor, die Zahl der Gefäße hat zugenommen.

Nach 14 Wochen sind vereinzelt Keratinabschilferungen vom Stratum corneum zu beobachten, das sonst unverändert erscheint. Vereinzelt treten nun auch Körnerzellen (Typ B) in Erscheinung. Bei maximaler Energiekonzentration der Fütterung (Woche 20) erscheinen die plättchenförmigen Hornzellen des Stratum corneum aufgelockert und vereinzelt mit ballonförmigen Hornzellen durchsetzt. Auch Körnerzellen vom Typ B sind vereinzelt vorhanden. Stratum basale und parabasale bestehen aus mehreren Schichten hochprismatischer Zellen, mit großen sphäroid-ovalen Kernen. Die Epithelzapfen sind vorwiegend zungenförmig und zeigen eine sehr breite Basis. Zwischen den Epithelzapfen sind ebenso breite Papillae occultaes eingeschoben, die große Gefäße beinhalten. Der Papillarkörper erweist sich als maximal differenziert und ist mit einer Vielzahl zum Teil sehr großer Gefäße durchsetzt (Abb. 12B). Zwei Wochen nach Umstellung der Fütterung von der energiereichen Ration auf Heu und Stroh (Woche 22) ist das Stratum corneum aus 4 - 5 Schichten z.T. leicht gequollener plättchenförmiger Hornzellen zusammengesetzt. Relativ umfangreiche Hornabschilferungen kennzeichnen das Bild. Vereinzelt treten ballonförmige Hornzellen in Erscheinung, sowie relativ häufig Körnerzellen vom Typ B. Das Stratum basale und das Stratum parabasale bestehen aus wenigen Schichten iso- bis hochprismatischer Zellen. In den Epithelzapfen sind die Zellen häufig kleiner und zeigen z.T. degenerative Erscheinungen. Die Epithelzapfen sind deutlich verkürzt. Der Papillarkörper erscheint sehr flach, aber mit relativ zahlreichen mittelgroßen Gefäßen durchsetzt. Vier Wochen nach Umstellung der Fütterung (Woche 24) gleicht das morphologische Bild weitgehend dem bei ausschließlicher Fütterung der Grundration beschriebenen (Abb. 13).

Kuh II, Untersuchungsperiode 6

Das morphologische Bild der Pansenzottenquerschnitte in der Untersuchungsperiode 6 gleicht bis zur Woche 16 im wesentlichen dem für Kuh I beschriebenen.

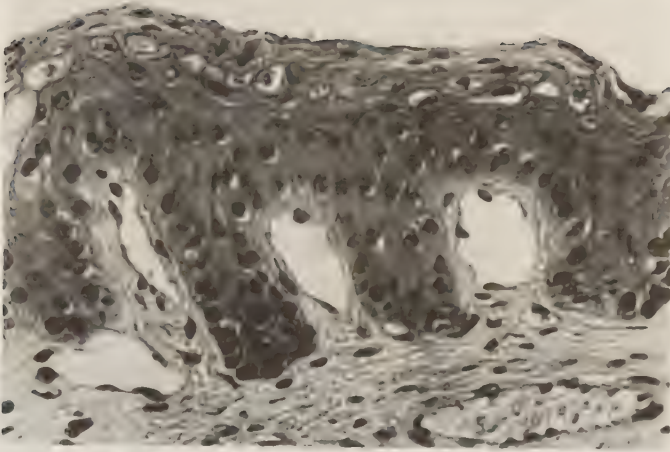
Allerdings sind die Schichten des Stratum corneum deutlich lockerer gelagert. Auch treten während der ersten 16 Wochen zu allen Entnahmezeitpunkten in allen Zottenquerschnitten vereinzelt sowohl ballonförmige Hornzellen als auch Körnerzellen vom Typ B auf. Auch ist die Länge der Epithelzapfen und die Ausprägung der Papillae occulatae geringer (Abb. 12A).

Nach 16 Wochen erkrankte Kuh II an einer akuten Pansenazidose. Die zu diesem Zeitpunkt entnommenen Pansenzotten zeigen im lichtmikroskopischen Querschnittspräparat auffallende Veränderungen. Von den mitunter zusammenhängenden Zotten lösen sich Teile des 5- bis 8schichtigen, aus überwiegend plättchenförmigen Hornzellen bestehenden Stratum corneum ab. Dicke abgelöste Hornzellagen liegen dem an diesen Stellen 2-3 Schichten dicken Stratum corneum auf. Vereinzelt kommt es auch zum Verlust des ganzen Stratum corneum. Sporadisch treten Herde ballonförmiger Hornzellen in Erscheinung. Körnerzellen vom Typ B sind zahlreich zu finden. Stratum basale und Stratum parabasale bestehen aus wenigen Schichten vornehmlich isoprismatischer Zellen. Die Epithelzapfen sind kaum mehr vorhanden und sehr kurz. Der Papillarkörper erscheint flach und teilweise ungefurcht. Die Lamina propria ist aufgelockert, und die in mittlerer Zahl vorhanden Gefäße sind stark dilatiert.

In den nach 17 bzw. 19 Wochen gewonnenen Zotten besteht das Stratum corneum aus 2-5 Schichten plättchenförmiger Hornzellen. Hornabschilferungen sind noch häufig vorhanden, jedoch in Umfang und Stärke deutlich reduziert. Die Epithelzapfen sind kurz, schmal und von rundlicher Gestalt. Vor allem in den Epithelzapfen sind degenerierte Zellen deutlich zu erkennen. Der Papillarkörper ist leichtgradig gefurcht und von einer mittleren Zahl kleinerer Gefäße durchsetzt.

Vier Wochen nach Absetzen der Kraftfütterration zeigen die Pansenzottenquerschnitte wieder das typische Bild, wie es nach Fütterung der Grundration für Kuh II beschrieben wurde.

A



B



Abb. 12: Struktur der Lamina epithelialis mucosae und der Lamina propria mucosae einer Pansenzotte von Kuh II nach Fütterung hoher Kraftfuttermengen (Periode 6, 14 Wochen) (A), und bei Kuh I (Periode 6, 20 Wochen) (B)
Vergrößerung X 400

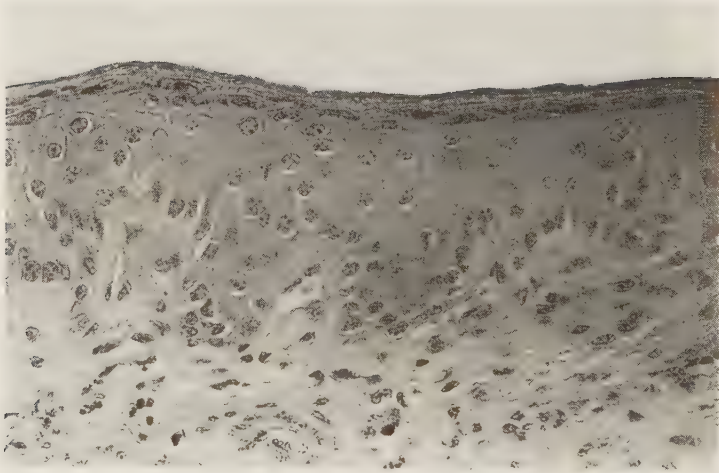


Abb. 13: Struktur der Lamina epithelialis mucosae und der Lamina propria mucosae einer Pansenzotte von Kuh I vier Wochen nach Umstellung der Fütterung von einer energiereichen Ration auf Heu und Stroh (Periode 6)
Vergrößerung X 400

PANSENSAFTUNTERSUCHUNGEN

Ergebnisse der pH-Messungen im Pansensaft

Die Tagesdurchschnittswerte mit den Tagesmaxima und -minima der bei den Pansensaftentnahmen ermittelten pH-Werte für jeden Entnahmetag sind aus Tab. 20 ersichtlich.

Die einzelnen pH-Werte im Tagesverlauf sind mit den ermittelten Fettsäurekonzentrationen in den Tab. 29 mit 65 für jede Kuh und jeden Entnahmezeitpunkt im Anhang aufgeführt.

Die höchsten pH-Werte finden sich im Tagesverlauf meist in der ersten Probe eines Tages (Nüchternwert). Nach der Fütterung zeigen die pH-Werte fallende Tendenz.

Die bei Kuh II ermittelten pH-Werte des Pansensaftes waren bei allen Entnahmen bei gleicher Fütterung deutlich niedriger als die bei Kuh I festgestellten. Auffallend sind vor allem die niedrigen pH-Werte bei Kuh II während der Perioden 1 mit 4 (Grundration) mit Minimalwerten von 5,63, die bei rohfaserreicher, energieärmer Fütterung nicht zu erwarten waren.

Die intraruminalen Infusionen von Na-Butyrat, Na-Butyrat und Na-Propionat sowie von Önanthsäuretriglycerid in den Perioden 1 mit 4 hatten offensichtlich keinen Einfluß auf den pH-Wert des Pansensaftes.

In der Versuchsperiode 6 sanken die pH-Werte des Pansensaftes mit steigender Kraftfuttermenge und sinkendem Rohfasergehalt bei beiden Kühen deutlich unter die Werte der Perioden 1 mit 4.

Tabelle 20:

Tagesdurchschnitt und Tagesmaxima und -minima der pH-Werte des Pansensaftes in den Untersuchungsperioden 1 mit 6 bei Kuh I und Kuh II

Periode	Woche	Kuh I		Kuh II	
		Ø pH	pH max-min	Ø pH	pH max-min
1	0	6,91	7,37-6,58	6,60	7,01-5,80
	8	6,82	7,21-6,51	6,07	6,26-5,80
	10	6,59	6,95-6,34	6,16	6,60-5,80
2	6	6,94	7,22-6,69	6,46	6,68-6,23
	7	6,77	7,13-6,56	6,22	6,79-5,77
3	3	6,72	7,22-6,28	6,32	6,94-5,63
	4	6,53	6,93-6,22	6,42	7,04-5,69
4	3	6,83	7,45-6,35	6,44	6,75-6,06
	6	6,82	7,13-6,54	6,65	6,96-6,29
6	5	6,90	7,33-6,60	6,29	6,78-5,83
	7	6,91	7,33-6,31	6,62	6,97-6,20
	11	6,62	7,15-5,25	6,19	6,90-5,65
	14	6,09	6,54-5,61	5,52	6,22-5,08
	15	6,26	6,65-5,95	5,97	6,41-5,28
	16	6,00	6,81-5,54	-	-
	18	6,17	6,60-5,55	6,74	7,06-6,55
	19	6,01	6,59-5,60	6,62	6,78-6,39
	24	6,63	6,95-5,65	6,48	6,67-6,32
	25	6,73	7,10-6,40	6,32	6,49-6,22

Ergebnisse der gaschromatographischen Bestimmung der Fettsäurekonzentrationen

Die Ergebnisse der gaschromatographischen Fettsäurebestimmungen der einzelnen Pansensaftproben sind für jeden Entnahmetag zusammen mit den dazugehörigen pH-Werten für Kuh I in den Tab. 30 mit 47 und für Kuh II in den Tab. 49 mit 65 im Anhang zusammengestellt. Für die Berechnung der Tagesdurchschnittswerte der ermittelten Fettsäurekonzentrationen wurden die Gehalte der zwischen 6.00 und 19.00 Uhr entnommenen Proben des jeweiligen Meßtages herangezogen.

Fettsäurekonzentrationen in den Pansensaftproben von Kuh I und Kuh II bei ausschließlicher Fütterung der Grundration

Während der ausschließlichen Fütterung der Grundration schwankten die ermittelten Fettsäurekonzentrationen im Tagesverlauf nur gering.

Die Gesamtkonzentration der bestimmten Fettsäuren ist bei Kuh I in allen analysierten Proben mit Grundration deutlich niedriger (71,8, 73,3 und 74,0 mmol/l) als die bei Kuh II ermittelten (96,8, 92,9 und 94,6 mmol/l).

In Tab. 21 (Kuh I) und Tab. 22 (Kuh II) sind die an den einzelnen Meßtagen der Perioden 1 mit 4 ermittelten Durchschnittswerte der Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft aufgeführt.

Fettsäurekonzentrationen in den Pansensaftproben während der Infusionsperioden

Die in den Pansen infundierten Lösungen (Na-Butyrat, Na-Butyrat + Na-Propionat, sowie Önanthsäuretriglycerid) bewirkten jeweils eine deutliche Konzentrationsänderung von Buttersäure, Butter- und Propionsäure sowie von Heptansäure in den Pansensaftproben. Mit

Ausnahme bei Kuh II in Periode 4 war eine Beeinflussung der Konzentrationen der anderen Fettsäuren nicht zu beobachten.

In den Pansensaftproben der beiden Meßtage in der Periode 4 bei Kuh II (täglich 2 x 200 g Önanthsäuretriglycerid) scheint der durchschnittliche Propionsäuregehalt (15,7 bzw. 16,0 mmol/l) im Vergleich zu den Proben aus den Perioden 1 und 3 (Grundration; 18,4, 19,9 und 18,1 mmol/l) vermindert zu sein (vgl. Tab. 22).

Heptansäure war nur in den Perioden mit intraruminalen Infusionen von Önanthsäuretriglycerid in den untersuchten Pansensaftproben nachweisbar.

Tabelle 21: Durchschnittswerte der Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren (in mmol/l) und des pH im Pansensaft in den Proben an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperioden 1 mit 4 bei Kuh I

Untersuchungsperiode	2	4	1	1	3	3
Woche	6	7	8	10	3	4
Fütterung	GR	GR	GR	GR	GR	GR
intraruminale Appl.			Na-Butyrat	Na-Butyrat	Önanths.	Önanths.
Essigsäure	49,5	50,4	52,2	51,6	48,3	55,4
Propionsäure	14,3	14,3	14,6	14,0	13,4	15,5
i-Buttersäure	0,73	0,65	0,75	0,70	0,69	0,66
n-Buttersäure	5,8	6,5	20,3	23,8	6,5	8,7
2-Methylbuttersäure	0,42	0,40	0,39	0,40	0,61	0,60
i-Valeriansäure	0,40	0,38	0,40	0,39	0,45	0,36
n-Valeriansäure	0,66	0,67	0,80	0,78	0,84	0,85
Heptansäure	-	-	-	-	3,3	4,0
Gesamt - FFS	71,8	73,3	89,4	91,6	74,1	86,0
Pansensaft - pH	6,94	6,77	6,82	6,59	6,72	6,51
Probenanzahl (n)	7	9	13	9	12	9
Einzelwerte in Tab.	32	33	30	31	34	35

Tabelle 22: Durchschnittswerte der Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren (in mmol/l) und des pH im Pansen-
sensaft in den Proben an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperioden 1 mit 4 bei Kuh II

Untersuchungsperiode	1	1	3	2	2	4	4
Woche	8	10	4	6	7	3	6
Fütterung	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR
intraruminale Appl.				Na-Butyrat +Na-Propionat	Na-Butyrat +Na-Propionat	Ünanths.	Ünanths.
Essigsäure	67,8	59,9	65,2	55,8	60,0	54,9	56,8
Propionsäure	18,4	19,9	18,1	27,6	31,9	15,7	16,0
i-Buttersäure	0,73	0,96	0,94	0,95	0,85	0,68	0,87
n-Buttersäure	8,1	9,6	8,6	15,5	18,7	8,5	7,8
2-Methylbuttersäure	0,61	0,82	0,61	0,74	0,62	0,69	0,80
i-Valeriansäure	0,38	0,63	0,37	0,53	0,41	0,36	0,46
n-Valeriansäure	0,84	1,01	0,82	0,89	0,65	0,75	0,65
Heptansäure	-	-	-	-	-	3,6	3,9
Gesamt - FFS	96,8	92,9	94,6	101,7	113	85,1	87,3
Pansenensaft - pH	6,07	6,16	6,42	6,50	6,22	6,44	6,65
Probenanzahl (n)	12	6	3	10	11	10	10
Eintelwerte in Tab.	49	50	54	51	52	55	56

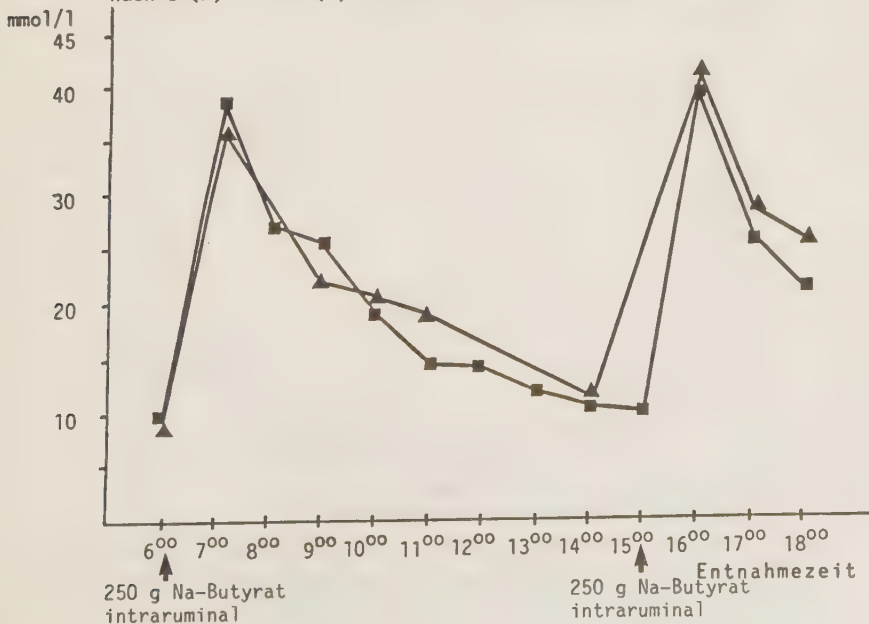
Verlauf der Buttersäurekonzentration an den Meßtagen nach intraruminalen Infusionen von 2 x 250 g Na-Butyrat / Tag (Kuh I, Periode 1)

Nach der Infusion von Na-Butyratlösung war in der nächsten, eine Stunde später entnommenen Pansensaftprobe eine deutlich erhöhte Buttersäurekonzentration festzustellen; danach nahm der Buttersäuregehalt wieder ab.

In Tab. 30 und Tab. 31 sind die ermittelten Fettsäurekonzentrationen im Tagesverlauf in Periode 1 aufgeführt.

Der Tagesverlauf der Buttersäuregehalte in den nach 8 und 10 Wochen entnommenen Pansensaftproben in der Periode 1 von Kuh I ist in Abb. 14 dargestellt.

Abb. 14: Tagesverlauf der Buttersäuregehalte im Pansensaft in der Periode 1 nach 8 (■) und 10 (▲) Wochen, Kuh I



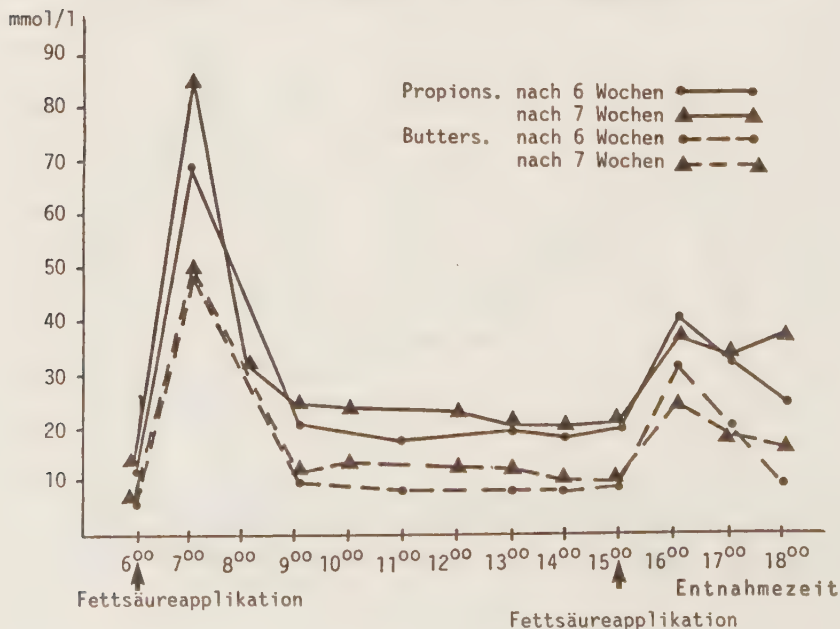
Tagesverlauf der Butter- und Propionsäurekonzentrationen nach Infusion von 2 x je 100 g Na-Butyrat + 100 g Na-Propionat täglich (Kuh II, Periode 2)

Die intraruminale Infusion der Salze der beiden Säuren führte zu einem Anstieg ihrer Konzentration im Pansen saft .

Die Fettsäurekonzentrationen des Pansen saftes in den Proben der Periode 2 von Kuh II sind in Tab. 51 und Tab. 52 enthalten.

Die im Laufe des Entnahmetages festgestellten Butter- und Propionsäuregehalte im Pansen saft bei Kuh II in der Versuchsperiode 2 (nach 6 und 7 Wochen) sind in Abb. 15 dargestellt.

Abb. 15: Tagesverlauf der Propion- und Buttersäurekonzentrationen im Pansen saft in Periode 2 nach 6 und 7 Wochen, Kuh II



Tagesverlauf der Heptansäurekonzentration im Pansensaft nach Infusion von 200 g Önanthsäuretriglycerid (Kuh I, Periode 3)

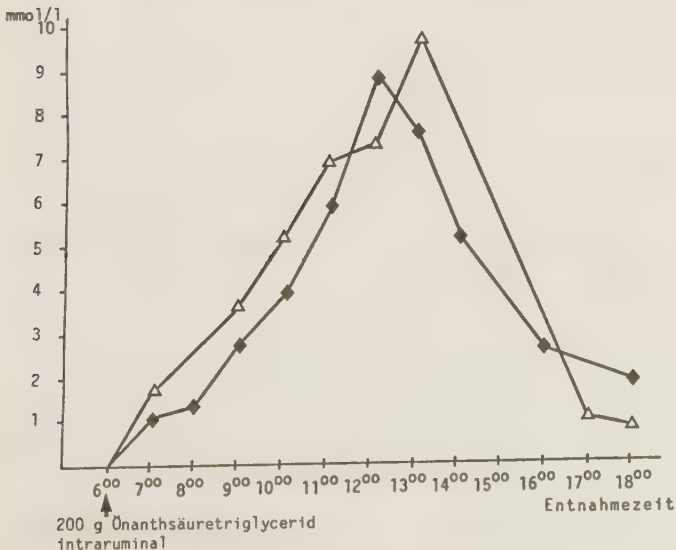
Nach intraruminaler Applikation von 200 g Önanthsäuretriglycerid stieg die Konzentration von Heptansäure im Verlauf von 6 Std. bzw. 7 Stunden kontinuierlich bis auf Werte von 8,88 bzw. 9,70 mmol/l an, danach fielen die Konzentrationen wieder ab und betrugen 12 Stunden nach der Önanthsäureverabreichung 1,19 bzw. 0,80 mmol/l.

In der ersten Pansensaftprobe (Nüchternwert) an den Entnahmetagen war keine Heptansäure nachzuweisen.

Die Fettsäurekonzentrationen in den nach 3 bzw. 4 Wochen der Periode 3 entnommenen Proben sind für Kuh I in Tab. 34 und Tab. 35 enthalten.

Der Tagesverlauf der Heptansäurekonzentration im Pansensaft von Kuh I in den Proben der Versuchsperiode 3 ist aus Abb. 16 ersichtlich.

Abb. 16: Tagesverlauf der Heptansäurekonzentration im Pansensaft in Periode 3 nach 3 (Δ) und 4 ($\blacklozenge$) Wochen, Kuh I



Tagesverlauf der Heptansäurekonzentrationen im Pansensaft nach zweimaliger Infusion von Önanthsäuretriglyceridinfusion /Tag (Kuh II, Periode 4)

Auch bei zweimaliger Applikation von Önanthsäuretriglycerid war, wie bei Kuh I in Periode 3, in der ersten entnommenen Pansensaftprobe (Nüchternwert) keine Heptansäure zu ermitteln.

In der ersten Pansensaftprobe nach der Infusion (1 Stunde später) war Heptansäure nachweisbar, ihre Konzentration erreichte nach 5 Stunden die gemessenen Maxima (7,40 und 6,80 mmol/l) und nahm danach stetig ab. Nach der zweiten Önanthsäureinfusion nahm die Heptansäurekonzentration für 2 bzw. 3 Stunden wieder zu.

In Tab. 55 und Tab. 56 sind die in Periode 4 bei Kuh II gemessenen Konzentrationen der Fettsäuren in den nach 3 und 6 Wochen entnommenen Proben aufgeführt.

Abb. 17 zeigt den Verlauf der Heptansäurekonzentrationen in während der Periode 4 bei Kuh II gewonnenen Pansensaftproben (3 und 6 Wochen).

Abb. 17: Tagesverlauf der Heptansäurekonzentration im Pansensaft 3 (□) bzw. 6 (▲) Wochen nach Beginn der Periode 4 Kuh II



Konzentration der flüchtigen Fettsäuren in den Pansensaftproben während der Versuchsperiode 6

Die Einzelwerte der Fettsäurekonzentrationen im Verlauf eines Entnahmetages während der Periode 6 sind für Kuh I in den Tab. 38 mit 47 und für Kuh II in den Tab. 57 mit 65 zusammen mit den gemessenen pH-Werten protokolliert (siehe Anhang).

Die pro Meßtag ermittelten Durchschnittswerte der Konzentrationen finden sich für Kuh I in Tab. 23 und für Kuh II in Tab. 24 zusammen mit den Tagesdurchschnitten der pH-Werte.

Die Gesamtkonzentration der flüchtigen Fettsäuren stieg nach 14 Wochen (am Ende der Steigerungsphase der Kraftfuttermitteln von 5,0 kg auf 9,2 kg) bei beiden Tieren sichtbar an.

Wie schon in den Proben der Perioden 1 mit 4 sind die Gesamtkonzentrationen der Fettsäuren bei vergleichbarer Fütterung bei Kuh II höher als die von Kuh I.

Die höchste pro Meßtag ermittelte Durchschnittskonzentration ist im Pansensaft von Kuh II nach 14 Wochen mit 119 mmol/l zu finden, während der Maximalwert bei Kuh I nach 19 Wochen 110 mmol/l betrug.

Nach Umstellung der Fütterung auf Heu und Stroh (Grundration) sanken die Gesamt-Säurekonzentrationen bei beiden Kühen deutlich unter die in Periode 1 mit 4 bei ausschließlicher Fütterung der Grundration gemessenen.

In Abb. 18 ist der Verlauf der durchschnittlichen Menge an flüchtigen Fettsäuren in den Pansensaftproben von Kuh I und Kuh II während der Periode 6 dargestellt.

Der Verlauf der pro Meßtag ermittelten Durchschnittskonzentrationen für Essig-, Propion- und n-Buttersäure in der Periode 6 ist in Abb. 19 (Kuh I) und Abb. 21 (Kuh II) dargestellt.

Für die verzweigten Fettsäuren (iso-Butter-, iso-Valerian- und 2-Methylbuttersäure) sowie n-Valeriansäure finden sich graphische Darstellungen des Verlaufs in Abb. 20 (Kuh I) und Abb. 22 (Kuh II).

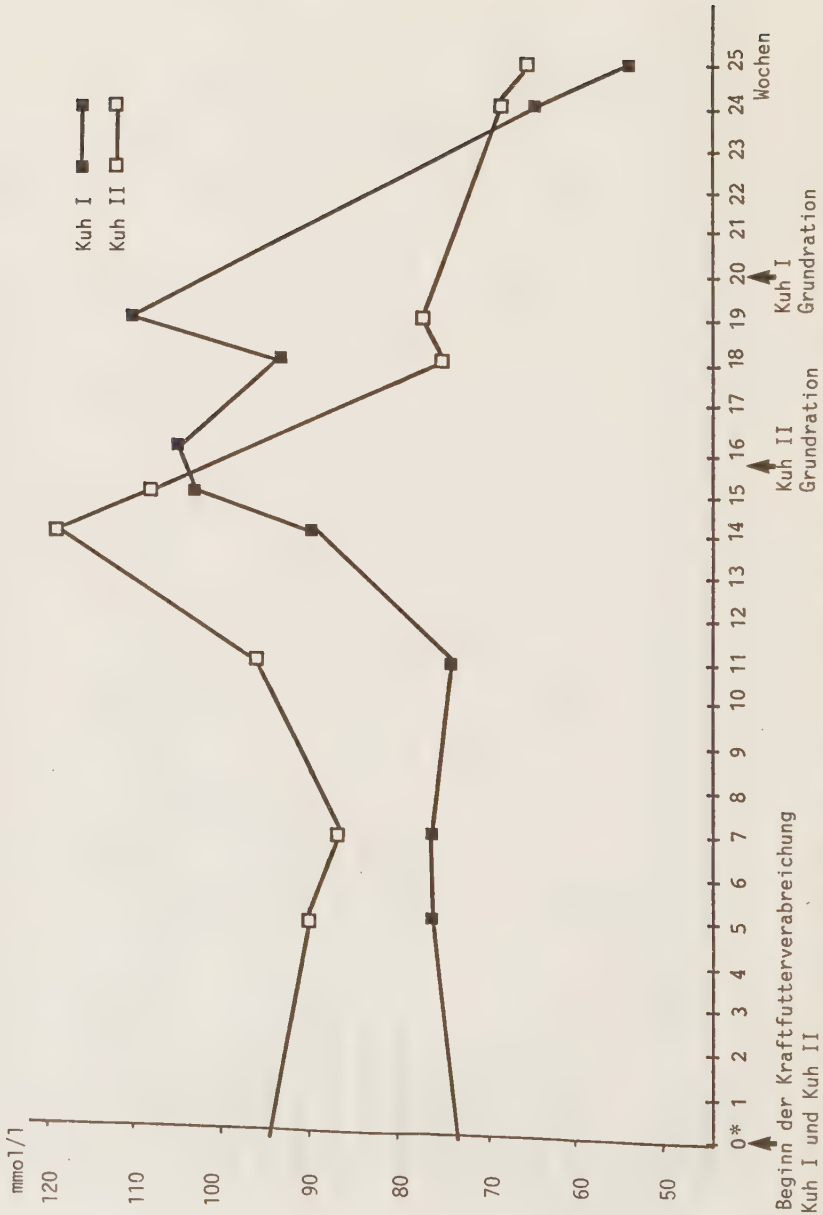
Tabelle 23: Durchschnittswerte der Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren (in mmol/l) und des pH im Pansensaft in den Proben an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperiode 6 bei Kuh I

Wochen Fütterung	5	7	11	14	15	16	18	19	24	25
	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	GR	GR
Essigsäure	51,1	48,2	48,3	51,0	53,7	59,3	48,0	56,0	45,7	34,4
Propionsäure	12,8	14,3	12,3	20,9	33,7	34,7	18,1	42,4	12,6	10,8
i-Buttersäure	0,79	0,94	0,66	0,93	1,19	0,65	0,77	00,89	0,60	0,35
n-Buttersäure	10,4	10,1	10,7	9,9	10,4	8,4	21,9	7,2	4,7	4,5
2-Methylbuttersäure	0,43	0,61	0,57	3,54	1,32	0,65	1,80	0,99	0,35	-
i-Valeriansäure	0,40	0,57	0,51	0,74	0,87	0,51	0,53	0,65	0,30	-
n-Valeriansäure	0,74	0,97	0,96	2,09	1,99	1,55	2,56	2,29	0,41	0,44
Heptensäure	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt - FFS	76,6	75,9	74,0	89,1	103	105	93,6	110	64,6	50,4
Pansensaft - pH	6,90	6,91	6,62	6,09	6,26	6,00	6,17	6,01	6,63	6,73
Probenanzahl (n)	12	11	11	10	8	7	5	7	6	6
Einzelwerte in Tab.	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47

Tabelle 24: Durchschnittswerte der Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren (in mmol/l) und des pH im Pansen
sensaft in den Proben an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperiode 6 bei Kuh II

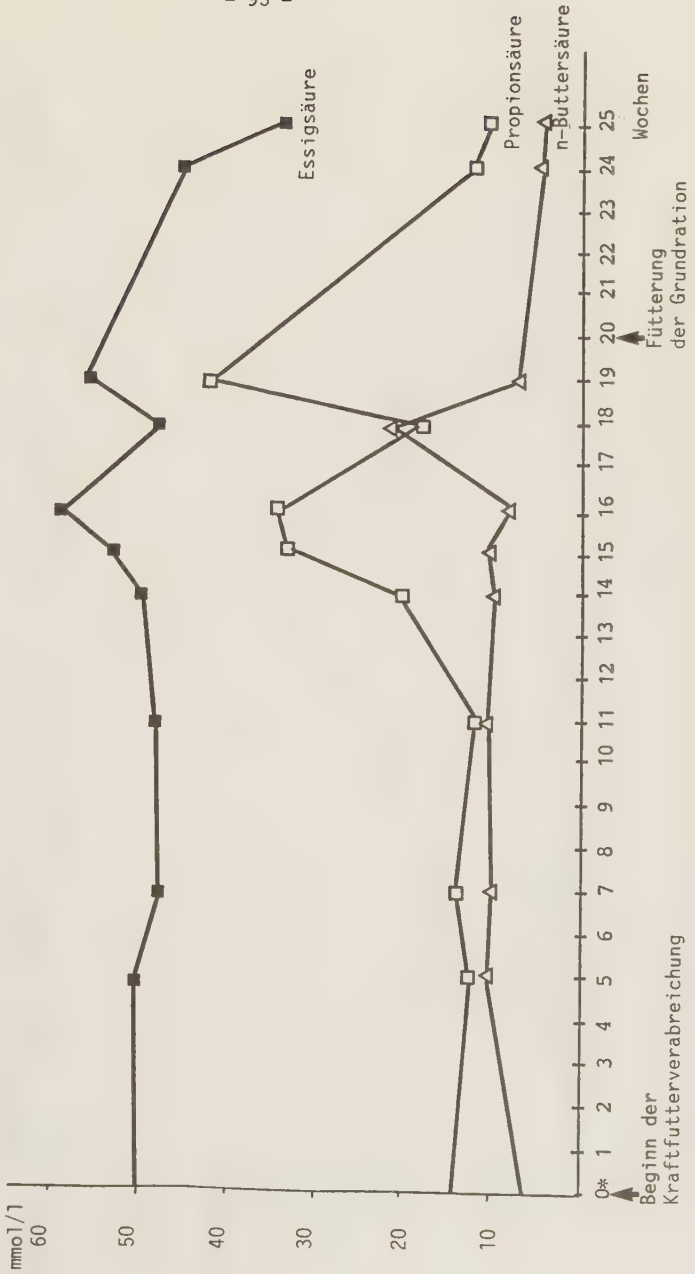
Wochen	5	7	11	14	15	18	19	24	25
Fütterung	KF	KF	KF	KF	KF	GR	GR	GR	GR
Essigsäure	57,9	54,4	57,0	59,9	57,9	53,2	53,5	46,7	45,7
Propionsäure	15,3	14,4	22,5	30,5	26,9	13,6	14,6	13,8	12,9
i-Buttersäure	1,03	1,20	1,07	1,42	1,65	0,74	1,03	0,589	0,36
n-Buttersäure	13,3	13,6	12,6	15,6	10,0	6,68	6,41	6,2	5,7
2-Methylbuttersäure	0,66	0,88	0,72	2,14	2,95	0,52	0,69	0,40	0,22
i-Valeriansäure	0,67	0,94	0,72	1,04	1,09	0,34	0,55	0,33	0,18
n-Valeriansäure	0,95	1,21	1,32	8,40	2,72	0,52	0,59	0,44	0,45
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt - FFS	89,9	86,7	95,9	119	103	75,6	77,3	68,4	65,5
Pansenensaft - pH	6,29	6,62	6,19	5,52	5,97	6,74	6,62	6,48	6,32
Probenanzahl (n)	12	11	12	10	8	6	7	6	6
Einzelwerte in Tab.	57	58	59	60	61	62	63	64	65

Abb. 18: Graphische Darstellung der an den Maßtagen ermittelten Durchschnittswerte der Gesamtkonzentration der bestimmten Fettsäuren in Pansensaftproben im Verlauf der Periode 6, Kuh I und Kuh II



*Durchschnittswerte aus den Perioden mit ausschließlicher Fütterung der Grundration Kuh I und Kuh II

Abb. 19: Graphische Darstellung der an den Meßtagen ermittelten Durchschnittswerte der Konzentrationen von Essig-, Propion- und Buttersäure in Pansen saftproben im Verlauf der Periode 6, Kuh I



* Durchschnittswerte aus den Perioden mit ausschließlicher Fütterung der Grundration

Abb. 20: Graphische Darstellung der an den Meßtagen ermittelten Durchschnittswerte der Konzentrationen von i-Butter-, 2-Methylbutter-, i-Valerian- und n-Valeriansäure in Pansensaftproben im Verlauf der Periode 6, Kuh I

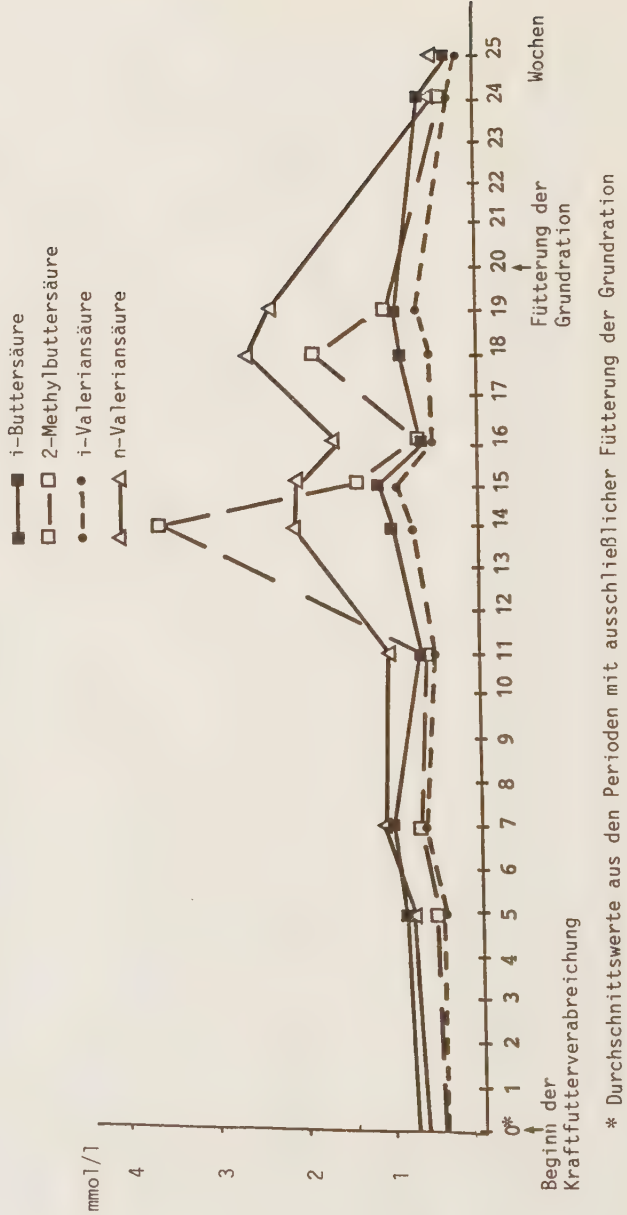
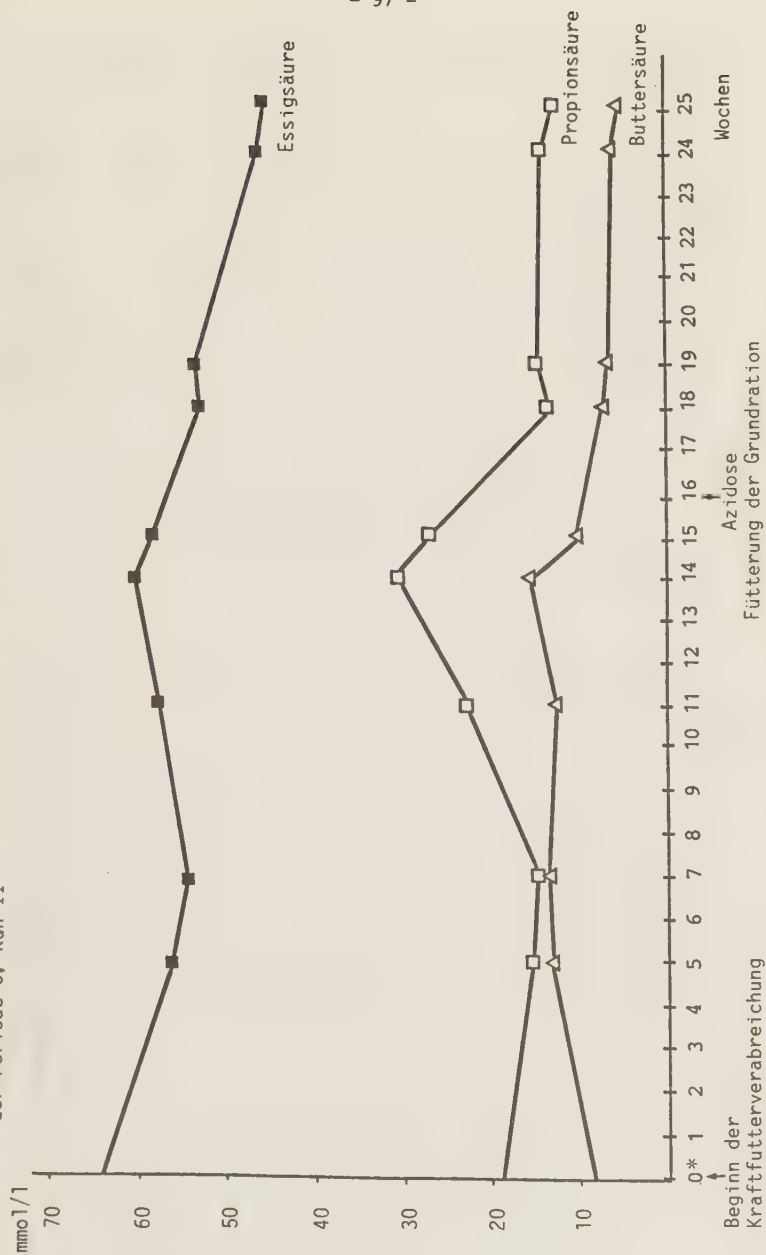
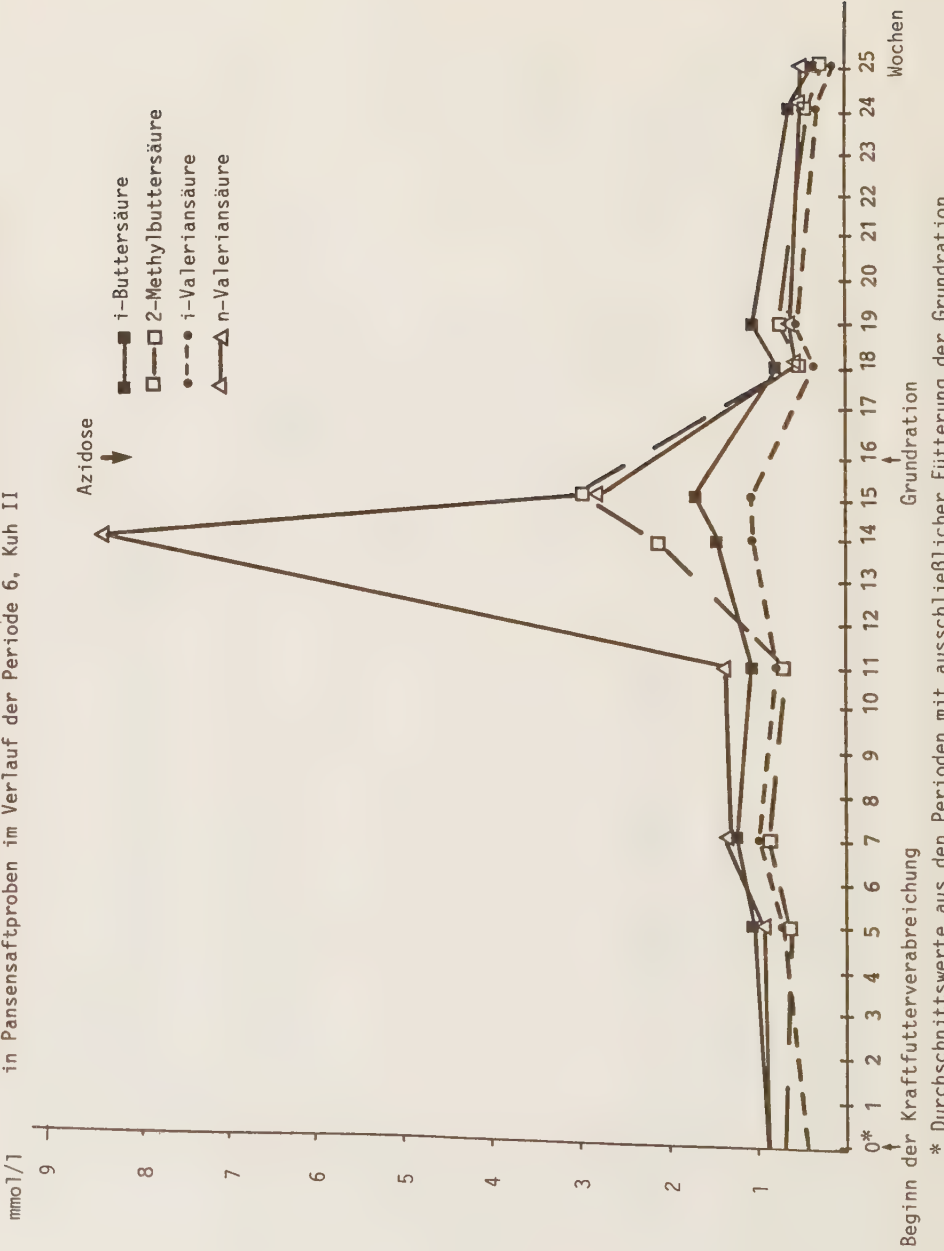


Abb. 21: Graphische Darstellung der an den Meßtagen ermittelten Durchschnittswerte der Konzentrationen von Essig-, Propion- und n-Buttersäure in Pansensaftproben im Verlauf der Periode 6, Kuh II



* Durchschnittswerte aus den Perioden mit ausschließlicher Fütterung der Grundration

Abb. 22: Graphische Darstellung der an den Meßtagen ermittelten Durchschnittswerte der Konzentrationen von i-Butter-, 2-Methylbutter-, i-Valerian- und n-Valeriansäure in Pansensaftproben im Verlauf der Periode 6, Kuh II



Molare Anteile der einzelnen Fettsäuren an der Gesamtfettsäurekonzentration im Pansensaft

Bei steigendem Anteil leichtverdaulichen Kraftfutters kommt es bei beiden Kühen zu einem Rückgang der molaren Anteile der Essigsäure an der Gesamtkonzentration und zu einer Zunahme des molaren Anteils der Propionsäure (bei Kuh I sehr hoch) wie auch der Buttersäure. Beachtenswert sind die Werte bei Kuh I 18 Wochen nach Beginn der Kraftfutterperiode. In diesen Proben ist der Buttersäureanteil sehr hoch (23,3 Mol%), während der Propionsäureanteil deutlich geringer (19,3 Mol%) in Erscheinung tritt. Auffallend in der Periode 6 sind in den 14 Wochen nach Beginn der Kraftfutterverabreichung entnommenen Proben auch einige Werte der nur in geringen Konzentrationen vorkommenden Säuren, wie n-Valeriansäure (Kuh II, 7,0 Mol%) und 2-Methylbuttersäure (Kuh I, 3,97 Mol%; Kuh II 2,86 Mol%).

Die bei beiden Kühen festgestellten deutlich niedrigeren Fettsäuregehalte im Pansensaft nach Umstellung von der kraftfutterreichen Fütterung auf Grundration (Periode 6), im Vergleich zu den Konzentrationen bei Verabreichung der Grundration in den Perioden 1 mit 4, sind nicht mit einer Verschiebung des Fettsäuremusters verbunden. Vielmehr gleichen bei jeder der beiden Kühe die molaren Anteile der Fettsäuren in den Pansensaftproben der Periode 6 nach 24 und 25 Wochen den molaren Anteilen in den Proben der Perioden 1 mit 4 bei ausschließlicher Fütterung der Grundration. In Tab. 27 und Tab. 28 sind die molaren Anteile der einzelnen Fettsäuren in den Pansensaftproben von Kuh I und II an der pro Meßtag ermittelten Durchschnittskonzentration aufgeführt (in Mol%).

Tabelle 25: Durchschnittswerte der molaren Anteile (in Mol %) der flüchtigen Fettsäuren an der durchschnittlichen FFS - Gesamtkonzentration im Pansen saft an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperioden 1 mit 4 bei Kuh I

Untersuchungsperiode	2	2	4	1	1	3	3
Woche	6	7	3	8	10	3	4
Fütterung	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR
intra- ruminale Appl.				Na-Butyrat	Na-Butyrat	Ünanths.	Ünanths.
Gesamt - FFS (mmol/l)	71,8	73,3	74,0	89,4	91,6	74,1	86,0
Essigsäure (Mol %)	68,9	68,7	68,5	58,3	56,3	65,1	64,4
Propionsäure (Mol %)	19,9	19,5	19,5	16,3	15,2	18,0	18,0
i-Buttersäure (Mol %)	1,01	0,88	0,97	0,83	0,76	0,93	0,76
n-Buttersäure (Mol %)	8,0	8,8	9,0	22,7	25,9	8,7	10,1
2-Methylbutters. (Mol %)	0,58	0,54	0,60	0,43	0,43	0,82	0,69
i-Valeriansäure (Mol %)	0,50	0,51	0,54	0,44	0,42	0,60	0,41
n-Valeriansäure (Mol %)	0,91	0,91	0,77	0,89	0,85	1,13	0,98
Heptansäure (Mol %)	-	-	-	-	-	4,5	4,6
Ø Pansen saft - pH	6,94	6,77	6,80	6,82	6,59	6,72	6,51
Probenanzahl (n)	7	9	8	13	9	12	9

Tabelle 26: Durchschnittswerte der molaren Anteile (in Mol %) der flüchtigen Fettsäuren an der durchschnittlichen FFS - Gesamtkonzentration im Pansen saft an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperioden 1 mit 4 bei Kuh II

Untersuchungsperiode	1	1	3	2	2	4	4
Woche	8	10	4	6	7	3	6
Fütterung	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR
intraruminal Appl.				Na-Butyrat +Na-Propionat	Na-Butyrat +Na-Propionat	Ünanths.	Ünanths.
Gesamt - FFS (mmol/l)	96,8	92,9	94,6	101,7	113	85,1	87,3
Essigsäure (Mol %)	70,0	64,4	68,9	54,8	53,0	64,5	65,0
Propionsäure (Mol %)	19,0	21,4	19,1	27,1	28,2	18,4	18,3
i-Buttersäure (Mol %)	0,75	1,03	0,99	0,93	0,75	0,79	0,99
n-Buttersäure (Mol %)	8,3	10,3	9,0	15,2	16,5	9,9	8,9
2-Methylbutters. (Mol %)	0,63	0,88	0,64	0,72	0,54	0,81	0,91
i-Valeriansäure (Mol %)	0,39	0,67	0,39	0,52	0,36	0,42	0,52
n-Valeriansäure (Mol %)	0,86	1,08	0,86	0,63	0,66	0,76	0,72
Heptansäure (Mol %)	-	-	-	-	-	4,3	4,5
0 Pansen saft - pH	6,07	6,16	6,42	6,50	6,22	6,44	6,65
Probenanzahl (n)	12	6	3	10	11	10	10

Tabelle 27: Durchschnittswerte der molaren Anteile (in Mol %) der flüchtigen Fettsäuren an der durchschnittlichen FFS - Gesamtkonzentration im Pansensaft an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperiode 6 bei Kuh I

Wochen	5	7	11	14	15	16	18	19	24	25
Fütterung	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	KF	GR	GR
Gesamt - FFS (mmol/l)	76,6	75,9	74,0	89,1	103	105	93,6	110	64,6	50,4
Essigsäure (Mol %)	67,2	63,7	65,2	57,2	52,0	56,1	51,2	50,7	70,7	63,2
Propionsäure (Mol %)	16,7	18,8	16,6	23,4	32,6	32,8	19,3	38,4	19,5	19,8
i-Buttersäure (Mol %)	1,03	1,23	0,89	1,04	1,15	0,61	0,82	0,80	0,92	0,64
n-Buttersäure (Mol %)	13,5	13,3	14,4	11,1	10,0	7,9	23,3	6,5	7,2	8,2
2-Methylbutters. (Mol %)	0,56	0,80	0,77	3,97	1,28	0,61	1,92	0,89	0,54	-
i-Valeriansäure (Mol %)	0,52	0,75	0,68	0,83	0,84	0,48	0,56	0,58	0,46	-
n-Valeriansäure (Mol %)	0,96	1,27	1,29	2,34	1,93	1,46	2,73	2,07	0,63	0,80
Heptansäure (Mol %)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ø Pansensaft - pH	6,90	6,91	6,62	6,09	6,26	6,00	6,17	6,01	6,63	6,73
Probenanzahl (n)	12	11	11	10	8	7	5	7	6	6

Tabelle 28: Durchschnittswerte der molaren Anteile (in Mol %) der flüchtigen Fettsäuren an der durchschnittlichen FFS - Gesamtkonzentration im Pansen saft an den einzelnen Meßtagen der Untersuchungsperiode 6 bei Kuh II

Wochen	5	7	11	14	15	18	19	24	25
Fütterung	KF	KF	KF	KF	KF	GR	GR	GR	GR
Gesamt - FFS (mmol/l)	89,8	86,7	95,9	119	103,7	75,6	77,3	68,4	65,5
Essigsäure (Mol %)	64,4	62,8	59,4	50,3	56,2	70,3	69,2	68,2	69,7
Propionsäure (Mol %)	17,0	16,6	23,4	25,6	26,1	17,9	18,8	20,1	19,6
i-Buttersäure (Mol %)	1,14	1,38	1,11	1,19	1,60	0,97	1,33	0,84	0,54
n-Buttersäure (Mol %)	14,8	15,6	13,1	13,1	9,7	8,7	8,2	9,0	8,7
2-Methylbutters. (Mol %)	0,73	1,01	0,75	1,79	2,86	0,68	0,89	0,58	0,33
i-Valeriansäure (Mol %)	0,74	1,08	0,75	0,87	1,05	0,44	0,71	0,48	0,27
n-Valeriansäure (Mol %)	1,05	1,39	1,37	7,0	2,64	0,68	0,76	0,64	0,68
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ø Pansen saft - pH	6,29	6,62	6,19	5,52	5,97	6,74	6,62	6,48	6,32
Probenanzahl (n)	12	12	12	10	8	6	7	6	6

DISKUSSION

Die Ergebnisse zeigen, daß die Pansenschleimhaut sowohl durch intraruminale Applikation von Salzen kurzkettiger Fettsäuren oder von Önanthsäuretriglycerid als auch durch Fütterungsmaßnahmen beeinflußt werden kann.

In den durchgeführten Untersuchungen bewirkte die tägliche schnelle intraruminale Verabreichung von 2 x 250 g wässriger Na-Butyratlösung deutliche Veränderungen im histologischen Bild des Zottenquerschnitts. Schon eine Woche nach Infusionsbeginn zeigte sich eine verstärkte Vaskularisation der Lamina propria mucosae. Die Zellen des Stratum basale wurden deutlich hochprismatisch und richteten sich mit dem Basalteil zu den nächstliegenden subepithelialen Gefäßen aus. Zehn Wochen nach Beginn der Applikation waren im histologischen Querschnittspräparat ausgeprägte Epithelzapfen mit extrem hochprismatischen Basalzellen sowie große und zahlreiche Gefäße zu beobachten. Die Befunde sind in guter Übereinstimmung mit den von SAKATA u. TAMATE (1978c) und (1980) sowie von GALFI et al. (1986) nach schneller intraruminaler Na-Butyratapplikation bei Schafen beschriebenen Ergebnissen.

Ebenfalls deutliche, jedoch vergleichsweise geringere Veränderungen im histologischen Querschnittsbild riefen intraruminale Infusionen von 2 x je 100 g Na-Butyrat + 100 g Na-Propionat/Tag hervor. Die Anzahl der Gefäßanschnitte im Zottenquerschnittspräparat nahm im Lauf der Infusionsperiode zu, doch waren die Gefäße wesentlich kleiner im Vergleich zur Periode 1. Die Größe der Epithelzapfen und die Differenzierung des Papillarkörpers nahmen ebenfalls zu, jedoch weit weniger ausgeprägt als während der Periode der Na-Butyratapplikationen.

Während die vierwöchige intraruminale Infusion von 1 x 200 g Önanthsäuretriglycerid/Tag bei Kuh I offensichtlich keinen erkennbaren Einfluß auf die Pansenzotten hatte, waren bei zwei-

mal täglicher Applikation von je 200 g Önanthsäuretriglycerid bei Kuh II auffallende Veränderungen zu beobachten. Die vor der Infusionsperiode nur vereinzelt vorkommenden ballonförmigen Hornzellen bildeten nach sechswöchiger Önanthsäureapplikation eine aus drei Lagen bestehende Schicht des Stratum corneum. Die Epithelzapfen erschienen sehr kurz, und der Papillarkörper war auffallend verflacht.

Die beobachtete verstärkte Vaskularisation der Lamina propria mucosae nach intraruminaler Verabreichung der Fettsäuresalze steht in Einklang mit den Feststellungen von DOBSON u. PHILLIPSON (1956), SELLERS et al. (1964) und THORLACIUS (1972).

Die von KAUFFOLD et al. (1977) beschriebene Verkleinerung der Zellkerne nach langsamer intraruminaler Fettsäureinfusion war nicht zu beobachten. Vielmehr schienen die Zellkerne der Basalzellen - vor allem in der Periode der Butyratinfusionen - eher größer zu sein. Auch die von den Autoren beschriebene Verdickung des Stratum germinativum ist bei den eigenen Untersuchungen nicht aufgetreten.

SAKATA u. TAMATE (1978c) wie auch GALFI (1986) beobachteten nach schneller intraruminaler Na-Butyratapplikation parakeratotische Veränderungen im Pansenepithel von Schafen. Entprechende Veränderungen wurden in den eigenen Untersuchungen nicht festgestellt.

Eine mögliche Erklärung hierfür ist der Umstand, daß die o.g. Untersucher Pansenzotten in den ersten 7 bzw. 9 Tagen nach Beginn der Fettsäureverabreichung beurteilten, während in der vorliegenden Arbeit die ersten Biopsien eine Woche nach Beginn der Infusionsperioden durchgeführt wurden. Es können daher auch die bei den oben zitierten Autoren innerhalb der ersten Woche der Infusionsperioden beschriebenen Veränderungen vorgelegen haben. Dies trifft wahrscheinlich auch für die von SAKATA u. TAMATE (1978a, 1978c, 1979) und GALFI (1986) beschriebenen erhöhten Mitoseraten zu, die im Pansenepithel in den ersten Tagen nach

Beginn von intraruminalen Infusionen von Acetat, Propionat oder Butyrat auftraten. Nach 4 - 6 Tagen erreichten die Mitoseraten des Zottenepithels wieder den Ausgangswert. Erhöhte Mitoseraten fielen in den eigenen Untersuchungen während der Infusionsperioden nicht auf, können aber innerhalb der ersten Woche nach Infusionsbeginn aufgetreten sein. Die durch die intraruminalen Infusionen hervorgerufenen Veränderungen an den Pansenzotten bildeten sich nach dem Absetzen der Applikation zurück.

Die Größe der Pansenzotten (Zottenoberfläche, -länge und -breite) sowie die Zottenquerschnittsfläche wurden weder durch die Infusion der Fettsäuresalze noch durch die Verabreichung von Önanthsäuretriglycerid beeinflusst.

Die Fütterung energiereicher, leichtverdaulicher Rationen führte bei beiden Tieren zu proliferativen Anpassungsvorgängen der Pansenzotten, während bei Fütterung energiearmer Ration reduktive Vorgänge zu beobachten waren.

Die während der Untersuchungsperiode 6 erhaltenen morphologischen Befunde stimmen weitgehend mit denen von MAYER u. LIEBICH (1980), LIEBICH et al. (1982), BROSI (1983), DIRKSEN et al. (1984), MAYER et al. (1986) sowie LIEBICH et al. (1987) wie auch mit den von HOFMANN (1973) bei Wildwiederkäuern (nach unterschiedlicher Äsung) beschriebenen überein.

Die fütterinduzierten Veränderungen der Pansenzotten sind bei beiden Kühen gleichsinnig aufgetreten, jedoch in z.T. unterschiedlichem Ausmaß, wie es auch in den Untersuchungen von BROSI (1983) der Fall war.

Nachdem in den beiden ersten Wochen nach Umstellung der Fütterung von Heu/Stroh-Ration auf 4 kg Kraftfutter + 4 kg Heu im Zottenquerschnittsbild neben zahlreicher gewordenen Gefäßanschnitten eine deutlichere Ausprägung von Epithelzapfen zu verzeichnen war, verflachte der Papillarkörper bei beiden Tieren in den nach 4, 7

und 8 Wochen entnommenen Zotten auffallend. Dies könnte in Zusammenhang stehen mit der gleichzeitig auftretenden starken Verbreiterung der Pansenzotten.

Mit fortgesetzter Steigerung der Kraftfuttermenge entwickelten sich stark ausgeprägte Epithelzapfen. Bei maximaler Energiekonzentration in der Futterr ration (Kuh I: 9413 STE ; Kuh II: 8147 STE) waren neben breiten und langen Epithelzapfen große sinusoid erweiterte subepitheliale Gefäße auffallend, die tief zwischen benachbarten Epithelzapfen in den Papillae occultae zu finden waren. Die Zellen des Stratum basale waren hochprismatisch und die Zellkerne groß und sphäroidförmig. Länge, Breite und Oberfläche der Pansenzotten nahmen mit steigender Kraftfutterzufuhr bei beiden Tieren zu.

Die Oberflächen der entnommenen Zotten von Kuh II waren, vor allem während der Kraftfutterperiode, bei gleicher Fütterung deutlich größer als die von Kuh I.

Die ermittelte Zottenquerschnittsfläche stieg in der Kraftfutterperiode um 74% (Kuh I: 0,54 mm² auf 0,92 mm²) bzw. 106% (Kuh II: 0,49 mm² auf 1,01 mm²). Vergleichbare Befunde liegen von BROSI (1983), MAYER et al. (1986) und LIEBICH et al. (1987) vor.

Nach der Umstellung auf energiearme, rohfaserreiche Fütterung wurden sowohl makroskopisch (Zottenoberfläche, -länge und -breite) als auch mikroskopisch (im Zottenquerschnittspräparat) deutliche Rückbildungsvorgänge beobachtet.

Wie bei den morphologischen Parametern waren auch hinsichtlich der gemessenen pH-Werte in Pansensaftproben deutliche individuelle Unterschiede zwischen den beiden Tieren zu beobachten. Im Pansensaft von Kuh II wurden bei gleicher Fütterung stets niedrigere pH-Werte im Tagesdurchschnitt und tiefere Tagesminimalwerte festgestellt. Bei ausschließlicher Fütterung der Grundration wurden im Pansensaft von Kuh II pH-Minima von 5,63 gemessen, was bei reiner Heu/Stroh-Fütterung nicht zu erwarten war. Eine Er-

klärung hierfür könnte das beobachtete unterschiedliche Freßverhalten der beiden Kühe sein. Im Gegensatz zu Kuh I, die die vorgelegte Ration sehr langsam und häufig kauend aufnahm, zeigte Kuh II ein ausgesprochen gieriges Freßverhalten und nahm das zugeteilte Futter sehr schnell und kaum kauend auf. Dies hatte wahrscheinlich auch Einfluß auf die Speichelproduktion und könnte den niedrigen Pansensaft-pH von Kuh II erklären.

In den Perioden mit Grundrationsfütterung lagen die ermittelten pH-Werte im Tagesdurchschnitt zwischen 6,53 und 6,94 (Kuh I), bzw. 6,07 und 6,65 (Kuh II). Durch die intraruminalen Infusionen wurde der pH des Pansensaftes nicht merklich beeinflusst.

In Übereinstimmung mit KAUFMANN u. HAGEMEISTER (1969), KAUFMANN et al. (1979) u.a. wurden mit steigendem Verzehr leichtverdaulichen, rohfasearmen Futters bei beiden Tieren sinkende pH-Werte im Pansensaft beobachtet. Bei Kuh II sank der pH in der Kraftfutterperiode in den nach 14 und 15 Wochen entnommenen Proben im Tagesverlauf auf Minimalwerte von 5,08 bzw. 5,28 ab. Nach DIRKSEN (1981) befand sich Kuh II zu dieser Zeit bereits im Zustand einer chronisch-latenten Pansenazidose. In der 16. Woche der Kraftfutterperiode erkrankte Kuh II dann an einer akuten Pansenazidose, die behandelt werden mußte.

Da die Fettsäurekonzentrationen im Pansen und der pH-Wert in enger Beziehung stehen, ist es nicht verwunderlich, daß die niedrigsten pH-Werte in den Proben mit den höchsten Fettsäurekonzentrationen gefunden wurden. Die ermittelten Fettsäurekonzentrationen im Pansensaft betrugen im Tagesdurchschnitt in den Perioden 1 mit 4 bei ausschließlicher Fütterung der Grundration für Kuh I 71,8, 73,3 und 74,0 mmol/l, für Kuh II 96,8, 92,9 und 94,6 mmol/l. Der ermittelte Pansensaft-pH betrug im Tagesdurchschnitt dieser Meßtage für Kuh I 6,94, 6,77 und 6,80, für Kuh II 6,07, 6,16 und 6,42. Bei gleicher Fütterung war der Fettsäuregehalt im Pansensaft von Kuh II somit höher als in dem von Kuh I. Unterschiede der Fettsäurekonzentrationen im Pansensaft verschiedener Tiere

bei gleicher Fütterung beschreiben auch BROGGEMANN et al. (1966), VOIGT (1968), DIRKSEN et al. (1984) u.a.

Die intraruminale Applikation der Fettsäuresalze führte zu einer deutlichen Erhöhung der Konzentration der entsprechenden Säuren, mit einem Maximum unmittelbar im Anschluß an die Infusion. Über einen deutlichen Anstieg der Konzentration der jeweils infundierten Fettsäure berichten auch VOIGT (1968), KAUFFOLD (1974) und HUNTINGTON et al. (1983) nach intraruminalen Infusionen von Essig-, Propion- oder Buttersäure.

Nach der Applikation von Önanthsäuretriglycerid wurde ein kontinuierlicher Anstieg der Heptansäurekonzentration im Pansensaft während 5 - 7 Stunden festgestellt. In Hinblick auf die Untersuchungen von NOBLE et al. (1974) ist dies auf hydrolytische Abspaltung der Heptansäure zurückzuführen.

Die Konzentration der Fettsäuren im Pansensaft stieg bei beiden Tieren mit der Verfütterung steigender Kraftfuttermengen. Die höchsten Konzentrationen im Tagesdurchschnitt wurden in der Kraftfutterperiode mit 119 mmol/l (Kuh II) bzw. 110 mmol/l (Kuh I) gemessen. Vergleichbare Ergebnisse liegen u.a. von KAUFMANN u. ROHR (1969) vor.

Bei beiden Kühen erhöhte sich (Kuh I ab der 14. Woche, Kuh II ab der 11. Woche) die Propionsäurekonzentration im Pansensaft im Verlauf der Kraftfutterperiode mit der Fütterung relativ hoher Mengen leichtverdaulicher Kohlenhydrate bei Reduzierung des Rohfasergehaltes der Ration. Der molare Anteil (in Mol%) der Essigsäure nahm ab (der Gehalt in mmol/l blieb in etwa gleich). Vergleichbare Befunde sind bei WOODS u. LUTHER (1962), KAUFMANN u. ROHR (1969), THORLACIUS u. LODGE (1973), MACKIE et al. (1978) und LEE et al. (1982) ausgewiesen.

Der Buttersäuregehalt des Pansensaftes war in der Kraftfutterperiode im Vergleich zu Perioden mit Fütterung der Grundration leicht erhöht. Hohe Buttersäurekonzentrationen wurden bei Kuh I

in der Periode 6 nach 18 Wochen (10 kg KF) mit Werten von bis zu 26,4 mmol/l (23,3 Mol%) im Tagesverlauf nachgewiesen. In den Proben des Entnahmetages eine Woche später lagen sie im Tagesverlauf zwischen 5,4 und 8,1 mmol/l (6,5 Mol%) bei Fütterung von 11 kg KF und 5 kg Heu pro Tag. Nach KAUFMANN u. ROHR (1967) kann die bei niedrigen pH-Werten anfallende Milchsäure im Pansen in Propionsäure umgewandelt werden. Dies würde die sehr hohen Propionsäurekonzentrationen in der Kraftfutterperiode ab der 14. Woche erklären. Die Gründe für den deutlichen Rückgang des Gehaltes an Propionsäure und die gleichzeitig auftretenden hohen Buttersäurekonzentrationen im Pansensaft von Kuh I in den 18 Wochen nach Beginn der energiereichen Fütterung entnommenen Proben sind unklar.

Bei Fütterung der Grundration waren die Fettsäurekonzentrationen im Pansensaft nach der Kraftfutterperiode bei beiden Kühen niedriger als bei gleicher Fütterung in den Perioden vor der Kraftfutterverabreichung (Perioden 1 mit 5), obwohl die ermittelten Oberflächenmaße der entnommenen Zotten sich in etwa entsprachen. Die molaren Gehalte der Fettsäuren (Mol%) stimmten dagegen in den Pansensaftproben aller Meßtage bei Fütterung der Grundration weitgehend überein.

BROSI (1983) ermittelte in Resorptionsversuchen vor einer Periode hochenergetischer Fütterung eine um bis zu 35% geringere Resorptionsrate als 7 Wochen nach Beginn der kraftfutterreichen Fütterung (bei ungefähr gleichen Pansenzottenoberflächen).

Für das unterschiedliche Resorptionsverhalten in den o.g. Fällen sind zwei Hypothesen zu diskutieren:

1. Während der energiereichen Fütterungsperiode kam es neben einer Vergrößerung der Pansenzotten auch zu einer Zunahme der Pansenzottendichte, die im Gegensatz zur Zottengröße nach Umstellung auf niederenergetische Fütterung nicht abnahm.
2. Durch die vorhergehende Proliferation der Pansenschleimhaut in der Kraftfutterphase wurden Strukturen ausgebildet (z.B. Enzymge-

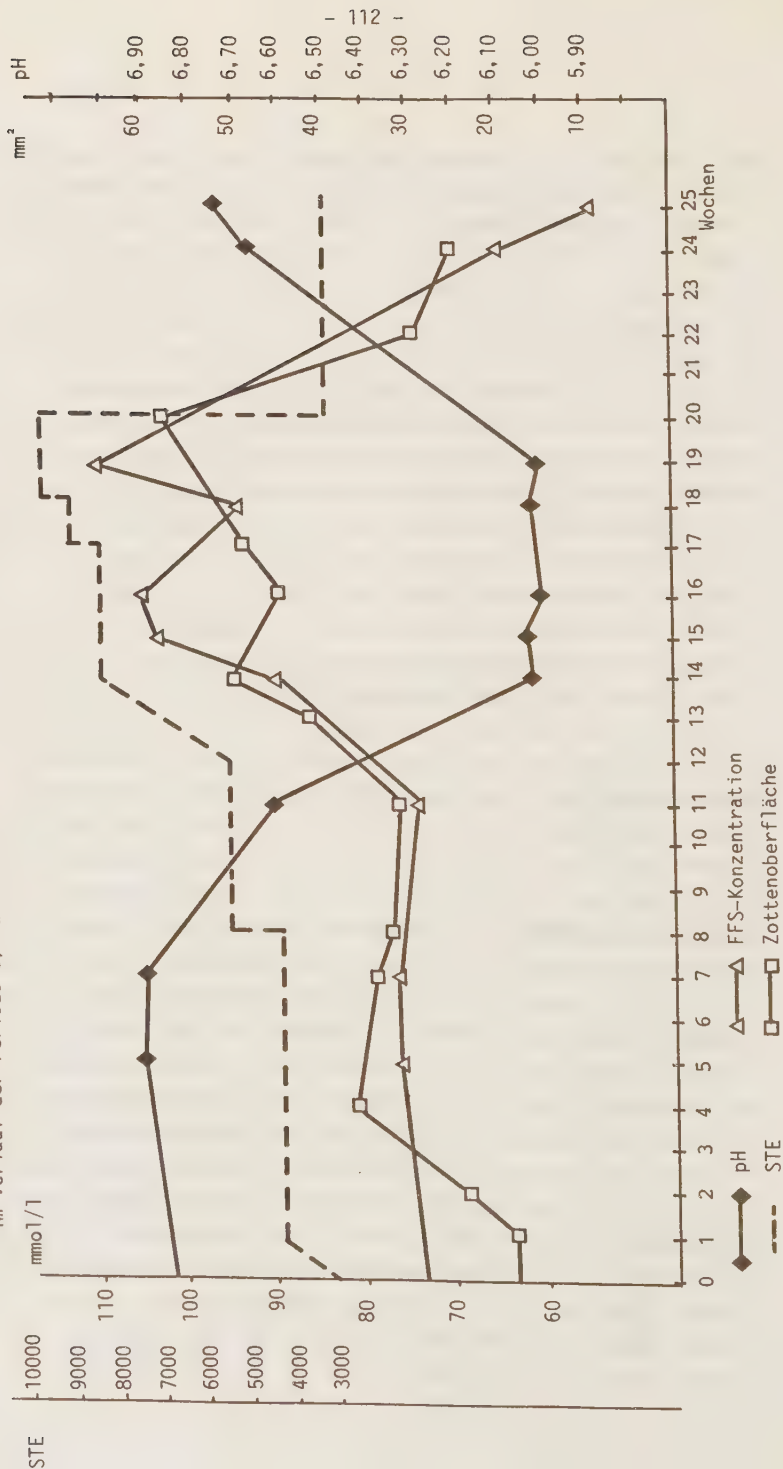
halt), welche die Aufnahme von Fettsäuren aus dem Pansen begünstigen und auch über längere Zeiträume erhalten bleiben. Hierfür sprechen die Untersuchungen von RICKARD u. TERNOUTH (1965) an Lämmern.

Schlußfolgerung

Wie sich bei den durchgeführten Untersuchungen zeigte, konnten durch intraruminale Infusionen von Na-Butyrat die gleichen geweblichen Strukturen im Zottenquerschnittspräparat nachgewiesen werden, wie nach mehrwöchiger hochenergetischer Fütterung. Es ist zu vermuten, daß die in der Periode der Na-Butyratinfusionen aufgetretenen Strukturen (Vergrößerung der Epithelzapfen, hochprismatische Zellen des Stratum basale, zahlreiche große, subepitheliale Gefäße) auch Einfluß auf die Resorptionsleistung der Pansenschleimhaut, zumindest für Buttersäure, hatten, wie dies die Untersuchungen von RICKARD u. TERNOUTH (1965) vermuten lassen.

Da die morphometrisch erfaßte Zottenoberfläche durch die Infusionen aber nicht beeinflußt wurde und sich damit die resorbierende Oberfläche der Pansenschleimhaut nicht vergrößerte (unter der Annahme gleichbleibender Zottendichte), ist eine ins Gewicht fallende Steigerung der Resorptionsleistung, wie sie von BROSI (1983) bzw. DIRKSEN et al. (1984) nach Vergrößerung der Pansenzotten nach energiereicher Fütterung beschrieben wurde, nicht zu erwarten. Um zu einer klaren Aussage zu kommen, wären entsprechende Resorptionsversuche in vivo erforderlich. Der in Abb. 23 dargestellte Verlauf des pH-Wertes, der Fettsäurekonzentration, der Zottenoberfläche und der aufgenommenen Energie in Periode 6 bei Kuh I zeigt, daß mit der maximalen Vergrößerung der Pansenzotten ein Anstieg der Konzentration der flüchtigen Fettsäuren und ein Absinken des pH-Wertes einherging. Gleiche Beobachtungen wurden auch bei Kuh II gemacht. Kuh I hatte in allen Perioden mit vergleichbarer Fütterung im Pansen geringere Fettsäurekonzentrationen, höhere pH-Werte und kleinere Zotten. Bei Kuh II wurden dagegen höhere Fettsäurekonzentrationen, niedrigere pH-Werte und größere Pansenzotten ermittelt.

Abb. 23: Durchschnittswerte des pH, der Fettsäurekonzentrationen im Pansen und der Zottenoberfläche der jeweiligen Entnahmetage, sowie der Energiegehalt der Ration im Verlauf der Periode 6, Kuh I



Z U S A M M E N F A S S U N G

In einer Literaturübersicht werden Aufbau, Gestalt, alters- und fütterungsbedingte Veränderungen der Pansenschleimhaut sowie die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge im Pansen abgehandelt. Der gegenwärtige Kenntnisstand über die Wirkung flüchtiger Fettsäuren auf die Pansenschleimhaut wird aufgezeigt.

Material und Methoden

Zwei mit Pansenfistel versehene, nicht laktierende, nicht tragende Holstein-Friesian-Kühe durchliefen sechs Untersuchungsperioden, die aneinander anschlossen. In den Perioden 1 mit 5 erhielt jedes Tier 5,5 kg Heu und 6,0 kg Stroh pro Tag. Zusätzlich bekam in den Perioden 1 mit 4 jeweils eine Kuh abwechselnd pro Periode intraruminale Infusionen.

Periode 1: 2 x 250 g Na-Butyrat/Tag, 10 Wochen

Periode 2: 2 x je 100 g Na-Butyrat + 100 g Na-Propionat/Tag,
7 Wochen

Periode 3: 1 x 200 g Önanthsäuretriglycerid/Tag, 4 Wochen

Periode 4: 2 x 200 g Önanthsäuretriglycerid/Tag, 6 Wochen

In der Untersuchungsperiode 6 erhielten beide Kühe steigende Mengen einer energiereichen, rohfasearmen Ration über 20 bzw. 16 Wochen verabreicht. Danach wurde wieder die niederenergetische Ration wie in den Perioden 1 mit 5 gefüttert.

In wöchentlichen bzw. vierzehntägigen Abständen wurden Pansenzotten zur morphologischen und histologischen Auswertung entnommen. In den verschiedenen Perioden wurden zudem im Tagesverlauf an verschiedenen Tagen Pansensaftentnahmen bei beiden Kühen durchgeführt. Es wurde der pH-Wert gemessen, und es wurden die Konzentrationen der flüchtigen Fettsäuren (gaschromatographisch) bestimmt.

Ergebnisse

Morphometrie: Nach hochenergetischer Fütterung nahmen Länge, Breite und Oberfläche der Pansenzotten zu und nach Umstellung auf

energiearme Ration wieder ab. Die intraruminalen Fettsäureapplikationen waren ohne Einfluß auf Länge, Breite und Oberfläche der Pansenzotten.

Lichtmikroskopie: Zehnwöchige intraruminale Applikationen von 2 x 250 g Na-Butyrat pro Tag in Periode 1 führten zu gleichen histologischen Strukturen im Zottenquerschnitt, wie sie nach mehrwöchiger hochenergetischer Fütterung vorzufinden waren (lange und breite Epithelzapfen, stark differenzierter Papillarkörper, große und zahlreiche Gefäße in der Lamina propria mucosae). Die Verabreichung von täglich 2 x je 100 g Na-Butyrat + Na-Propionat in der Periode 2 (8 Wochen) hatte ebenfalls einen deutlichen, aber viel schwächeren proliferativen Einfluß auf die, im Zottenquerschnitt erkennbaren, Strukturen.

Die einmalige Gabe pro Tag von 200 g Önanthsäuretriglycerid hatte keine Wirkung auf die Pansenmukosa. Dagegen bewirkte die täglich zweimalige Verabreichung in Periode 4 eine starke Verflachung des Papillarkörpers und das Auftreten von ballonförmigen Hornzellen.

Pansensaft: Die intraruminalen Infusionen von Salzen der Fettsäuren hatten keinen merklichen Einfluß auf den pH des Pansensaftes. Mit dem Verzehr steigender Mengen energiereichen, rohfaserarmen Futters sank der durchschnittliche pH-Wert des Pansensaftes bei beiden Kühen deutlich ab.

Die Verabreichung von Salzen der kurzkettigen Fettsäuren führte zu einer Erhöhung der Konzentrationen der entsprechenden Fettsäuren im Pansensaft über 3 bzw. 7 Stunden. Nach intraruminaler Infusion von Önanthsäuretriglycerid stieg die Heptansäurekonzentration im Pansensaft 5 - 7 Stunden lang an.

Hohe Mengen von Kraftfutter in der Ration führten zu einer Erhöhung der mittleren Gesamtsäurekonzentration und zu einer Verschiebung der molaren Anteile zu Gunsten von Propion- und Buttersäure.

S U M M A R Y

Investigations on the modification of the growth of rumen mucosa of cattle by intraruminal administration of butyrate and propionate, heptanoic acid triglyceride or by diet.

In a survey of literature, the morphology, structure and changes of the rumen mucosa caused by age and diet are discussed. Both digestive and absorptive processes in the rumen are dealt with. The current knowledge of the effect of volatile fatty acids on rumen mucosa is discussed.

Two non-lactating, non-pregnant Holstein-Friesian cows fitted with rumen fistulas were used in six consecutive investigation periods. In periods one to five energy-poor rations (restricted hay and straw feeding) were fed. In addition in periods 1 through 4 intraruminal infusions were given to one of the cows in alternating sequence according to the following scheme.

Period 1: 2 x 250 g sodium butyrate per day for 10 weeks

Period 2: 2 x (100 g sodium butyrate + 100 g sodium propionate)
per day for 7 weeks

Period 3: 1 x 200 g heptanoic acid triglyceride per day for 4 weeks

Period 4: 2 x 200 g heptanoic acid triglyceride per day for 6 weeks

In period 6 both cows received increasing amounts of energy-rich feed for 20 or 16 weeks. Then restricted amounts of hay and straw were fed.

Rumen papillae-biopsies were obtained at seven or fourteen day intervals. Both morphometric and histological examinations were performed.

In the various periods rumen fluid samples were taken from both cows on different days. Rumen fluid pH was measured. Concentrations of vfa (up to C7) in the rumen fluid were determined by gas chromatography.

Most significant results:

Morphometry: With energy-rich feeding the rumen papillae increased in length, width and surface. The intraruminal administration of sodium butyrate, sodium propionate and heptanoic acid triglyceride had no demonstrable effect on length, width and surface of the rumen papillae.

Light microscopy: The intraruminal administration of 2 x 250 g sodium butyrate/day for 10 weeks in period 1 caused the same histological structure in the cross section of rumen papillae as the energy-rich diet did (large and wide epithelial pegs, numerous and dilated vessels).

The intraruminal administration of 2 x (100 g sodium butyrate + 100 g sodium propionate)/day had a lesser proliferative effect on structure in the papilla cross section.

1 x 200 g heptanoic acid triglyceride/day had no effect on rumen mucosa. But the administration of 2 x 200 g heptanoic acid triglyceride per day in period 4 caused a significant flattening of papillary body and the appearance of balloon cells.

The pH of the rumen fluid was not influenced by the intraruminal infusions. With increasing energy-rich feeding the mean pH of the rumen fluid decreased.

The administration of volatile fatty acid salts caused an increase in the concentrations of the corresponding fatty acid in the rumen fluid for 3 or 7 hours. After intraruminal infusion of heptanoic acid triglyceride the concentration of heptanoic acid increased for 5 to 7 hours. Feeding high amounts of concentrate caused an increase in the concentration of volatile fatty acids. The molar proportions of both propionic acid and butyric acid increased.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

AAFJES, J.H. (1967):

The disappearance of volatile fatty acids through the rumen wall.

Z. Tierphysiol. 22, 69 - 75

AHRENS, F. (1986):

persönliche Mitteilung

ALLISON, M.J. u. M.P. BRYANT (1963) :

Biosynthesis of branched-chain fatty acids by rumen bacteria.

Arch. Biochem. Biophys. 101, 269 - 277

ALLISON, M.J., M.P. BRYANT u. R.N. DOETSCH (1958):

Volatile fatty acid growth factor for cellulolytic cocci of the bovine rumen.

Science 128, 474 - 475

AMASAKI, H. u. M. DAIGO (1984):

Morphogenesis of the ruminal microvasculature in bovine fetuses.

Can. J. Anim. Sci. 64 (Suppl.), 257 - 258

ANDERSON, M.J., M. KHOYLOD u. J.L. WALTERS (1982):

Effect of feeding whole cottonseed on intake, body weight and reticulorumen development of young Holstein calves.

J. Dairy Sci. 65, 764 - 772

ANNISON, E.F. u. R.J. PENNINGTON (1954):

The metabolism of short-chain fatty acids in the sheep.

3. Formic, n-valeric and some branched-chain acids.

Biochem. J. 57, 685 - 691

ANNISON, E.F. u. D.G. ARMSTRONG (1970):

Volatile fatty acid metabolism and energy supply.

In: PHILLIPSON, A.T. (Ed.):

Physiology of digestion and metabolism in the ruminant.

Oriel Press, Newcastle upon Tyne, 422 - 437

ARIAS, J.L., R. CABRERA u. A. VALENCIA (1978):

Observations of the histological development of the rumen papillae.

Zbl. Vet. Med. C 7, 140 - 151

ARIAS, J.L., E. VIAL u. R. CABRERA (1980):

Observations on the histogenesis of bovine ruminal papillae.

Am. J. Vet. Res. 41, 174 - 178

ASH, R. u. G.D. BAIRD (1973):

Activation of volatile fatty acids in bovine liver and rumen epithelium.

Biochem. J. 136, 311 - 319

BALCH, D.A. u. S.J. ROWLAND (1957):

Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets.

J. Dairy Sci. 40, 288 - 298

BARAN, M., J. MARCANIK, J. KOCISOVA, J. ZELENÁK u. M. BELAK (1979):

Beziehungen zwischen der Fermentation und der morphologischen Struktur des Pansenepithels bei mit granuliertem Futter gefütterten Schafen.

Vet. Med. Praha 24, 587 - 595

BARCROFT, J., R.A. MC ANALLY u. A.T. PHILLIPSON (1944):

Absorption of volatile acids from the alimentary tract of the sheep and other animals.

J. Exp. Biol. 20, 120 - 129

BATH, J.H. u. J.A.F. ROOK (1963):

The evaluation of cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of vfa. I. The effect of level of intake, frequency of feeding, the ratio of hay to concentrate in the diet, and supplementary feeds.

J. Agri. Sci. 61, 341 - 348

BENSADOUN, A., O.L. PALADINES u. J.T. REID (1962):

Effect of level of intake and physical form of the diet on plasma glucose concentration on vfa absorption in ruminants.

J. Dairy Sci. 45, 1203 - 1210

BERG, R. u. P. EDVI (1976):

Morphologische Untersuchungen an der Pansenmukosa von Schafen mit gleichzeitigen klinischen Kontrollen bei Fütterung verschiedener Rationstypen.

Arch. Tierernähr. 26, 147 -157

BESECKE, C. u. H. MOHME (1976):

Untersuchungen über die Produktionsraten von flüchtigen Fettsäuren von Hammeln in Abhängigkeit von unterschiedlichen Stärke- und Zuckergehalten in der Ration.

Z. Tierphysiol. 31, 156 - 166

BLEICHNER, K.L. u. W.C. ELLIS (1968):

Roughage source and level effects upon rumen papillae size.

J. Anim. Sci. 27, 1161

BRAGG, D.S.A., M.R. MURPHY u. C.L. DAVIS (1986):

Effect of source of carbohydrate and frequency of feeding on
rumen parameters in dairy steers.

J. Dairy Sci. 69, 392 - 402

BROSI, G. (1983):

Untersuchungen zur funktionellen Morphologie der Pansen-
schleimhaut

München, LMU, Tierärztl. Fak., Diss.

BROWNLEE, A. (1956):

The development of rumen papillae in cattle fed on different
diets.

Brit. Vet. J. 112, 369 - 375

BROGGEMANN, J., D. GIESECKE u. M.J. LAWLOR (1966):

Ober die Produktion flüchtiger Fettsäuren im Pansen von
Schafen bei Verabreichung einer halbgereinigten Diät.

Z. Tierphysiol. 21, 137 - 143

BULL, L.S., L.G. BUSH, J.D. FRIEND, J.R. JONES u. E.W. JONES
(1965):

Incidence of ruminal parakeratosis in calves fed different
rations and its relation to vfa absorption.

J. Dairy Sci. 48, 1459 - 1466

CAKALA, S., J. ROSZKOWSKI, K. BIENIEK u. J. LUBIARZ (1981):

Changes in the rumen mucosa of cattle fed pelleted feed
(parakeratosis).

Med. Weter. 37, 599 - 603

CHALUPA, W., B. VECCHIAVELLI, A.E. ELSE u. D.S. KRONFELD (1986):

Ruminal fermentation in vivo as influenced by long-chain
fatty acids.

J. Dairy Sci. 69, 1293 - 1301

CLINE, T.R., U.S. GARRIGUS u. E. HATFIELD (1966):

Addition of branched- and straight-chain vfa to purified lamb diet and effect on utilization of certain dietary components.

J. Anim. Sci. 25, 734 - 742

COLENBRANDER, V.F., E.E. BARTLEY, J.L. MORRILL, C.W. DEYOE u. H.B. PFOST (1967):

Feed processing. II. Effect of feeding expanded grain and finely ground hay on milk composition, yield, and rumen metabolism.

J. Dairy Sci. 50, 1966 - 1972

COUNOTTE, G.H.M., A.T. VAN'T KLOOSTER, J. VAN DER KUILEN u. R.A. PRINS (1979):

An analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle.

J. Anim. Sci. 49, 1536 - 1544

DANIELLI, J.F., M.W.S. HITCHCOCK, R.A. MARSHALL u.

A.T. PHILLIPSON (1945):

The mechanism of absorption from rumen as exemplified by the behaviour of acetate, proprionate and butyrate.

J. Exp. Biol. 22, 75 - 84

DAWSON, R.M.C. u. P. KEMP (1970):

Biohydrogenation of dietary fats in ruminants.

In: PHILLIPSON, A.T. (Ed.)

Physiology of digestion and metabolism in the ruminant.

Oriel Press, Newcastle upon Tyne, 504 - 518

DEHORITO, B.A., R.R. JOHNSON, O.G. BENTLEY u. A.L. MOXON (1958):

Studies on the metabolism of valine, proline, leucine and isoleucine by rumen mikroorganisms in vitro.

Arch. Biochem. Biophys. 78, 15 - 27

DEMEYER, D. (1973):

Lipidstoffwechsel im Pansen

In: GIESECKE, D. u. H.K. HENDERICKX (Hrsg.)

Biologie und Biochemie der mikrobiellen Verdauung.

BLV Verlagsgesellschaft, München, 209 - 234

DEMEYER, D. u. D. GIESECKE (1973):

Abbau der Kohlehydrate und Biochemie der Gärung im Pansen

In: GIESECKE, D. u. H.K. HENDERICKX (Hrsg.)

Biologie und Biochemie der mikrobiellen Verdauung.

BLV Verlagsgesellschaft, München, 135 - 167

DIRKSEN, G. (1981):

Indigestionen beim Rind.

Schnetztor-Verlag GmbH, Konstanz

DIRKSEN, G. (1985/86):

Der Pansenazidose-Komplex - neuere Erkenntnisse und Erfahrungen.
Eine Übersicht.

Tierärztl. Prax. 13, 501 - 512. 14, 23 - 33

DIRKSEN, G., H.G. LIEBICH, G. BROSI, H. HAGEMASTER u. E. MAYER
(1984):

Morphologie der Pansenschleimhaut und Fettsäureresorption

beim Rind - bedeutende Faktoren für Gesundheit und Leistung.

Zbl. Vet. Med. A 31, 414 - 430

DOBSON, A. u. A.T. PHILLIPSON (1956):

The influence of the contents of the rumen and of adrenalin
upon its blood supply.

J. Physiol. 133, 76 - 77

DRACKLEY, J.K., A.K. CLARK u. T. SHAW (1985):

Ration digestibilities and ruminal characteristics in steers fed sunflower seeds with additional calcium.

J. Dairy Sci. 68, 356 - 367

DYCE, K.M. (1968):

Some remarks upon the functional anatomy of the ruminant stomach.

Tijdschr. Diergeneesk. 93, 1334 - 1344

FATH EL-BAB, M.R., R. SCHWARZ u. A.M.A. ALI (1983):

Histologische Untersuchungen über die Magenentwicklung des Schafes.

Zbl. Vet. Med. C 12, 139 - 153

FELIX, A., R.M. COOK u. T.J. HUBER (1980):

Effect of feeding isoacids with urea on growth and nutrient utilization by lactating cows.

J. Dairy Sci. 63, 1943 - 1946

FELL, B.F. u. R.M. CAMPBELL (1974):

Changes associated with pregnancy and lactation in the alimentary canal of the ewe.

In: DOWLING, R.H. u. E.O. RIECKEN (Hrsg.)

Intestinal adaption.

F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart-New York, 227 - 238

FELL, B.F. u. T.E.C. WEEKES (1975):

Food intake as a mediator of adaption in the ruminal epithelium.

In: MC DONALD, J.W. u. A.C.I. WARNER (Eds.)

Digestion and metabolism in the ruminant.

The University of New England Publishing Unit, Armidale,

101 - 118

FELL, B.F., R. BOYNE, M. KAY, R.B. WILLIAMS u. N.A. MAC LEOD
(1967):

Effect of feeding barley and other diets on the tissue of the
calf.

Vet. Rec. 81, 593 - 598

FLATT, W.P., R.G. WARNER u. J.K. LOOSLI (1958):

The influence of purified materials on the development of the
ruminant stomach.

J. Dairy Sci. 41, 1593 - 1600

GALFI, P., T. VERESEGYHAZY, S. NEOGRADY u. F. KUTAS (1981):

Effect of sodium n-butyrate on primary ruminal epithelial
cell culture.

Zbl. Vet. Med. A 28, 259 - 261

GALFI, P.; S. NEOGRADY u. F. KUTAS (1986):

Dissimilar ruminal epithelial response to short-term and
continuous intraruminal infusion of sodium n-butyrate.

Zbl. Vet. Med. A 33, 47 - 52

GIESECKE; D. (1967a):

Gaschromatographische Bestimmung flüchtiger Fettsäuren und
ihre Produktion im Pansen.

Z. Tierphysiol. 22, 354 - 364

GIESECKE, D. (1967b):

Die funktionelle Vormagenentwicklung des Wiederkäuers

Tierärztl. Umschau 22, 398 - 403

GOODLAD, R.A. (1981):

Some effects of diet on the mitotic index and the cell cycle
of the ruminal epithelium of sheep.

Q. J. Exp. Physiol. 66, 487 - 499

GOOSEN, P.C.M. (1975):

Absorption of long-chain fatty acids by rumen epithelium;
experiments in vivo and in vitro.

Z. Tierphysiol. 35, 296 - 302

GOROSITO, A.R., J.B. RUSSELL u. P.J. VAN SOEST (1985):

Effect of carbon-4 and carbon-5 vfa on digestion of plant
cell wall in vitro.

J. Dairy Sci. 68, 840 - 847

GRAY, F.V. (1948):

The absorption of volatile fatty acids from rumen. II. The
influence of ph on absorption.

J. Exptl. Biol. 25, 135 - 143

HAGEMEISTER, H., W. KAUFMANN und A. WIECHEN (1979):

Messung der Resorptionsorte von Fettsäuren im Verdauungstrakt
der Milchkuh.

Kieler Milchwirtschaftl. Forschungsber. 31, 5 - 10

HARRISON, H.N., E.G. SANDER u. J.K. LOOSLI (1960):

Changes in the tissue and volume of stomachs of calves
following the removal of dry feed or consumption of inert
bull.

J. Dairy Sci. 43, 1301 - 1312

HAUSER, H. (1929):

Über interessante Erscheinungen am Epithel der Wiederkäuer-
magen.

Z. mikr. anat. Forsch. 17, 533 - 613

HEMODA, A.S.K. u. R. BERG (1980):

Anatomische Untersuchungen an der Pansenschleimhaut von
ägyptischen Wasserbüffeln (*Bubalus bubalis*) nach Berssen-Tibn-
Fütterung.

Monatsh. Veterinärmed. 35, 510 - 513

HENRIKSON, K.B. u. R.E. HABEL (1961):

The morphology and sulfhydryl and disulfide reactions of the
epithelium of the bovine forestomach during postnatal
development.

Anat. Res. 139, 499 - 507

HINDERS, R.G. u. F.G. OWEN (1965):

Relation of ruminal parakeratosis development to volatile
fatty acid absorption.

J. Dairy Sci. 48, 1069 - 1073

HIRD, F.J.R. u. M.J. WEIDEMANN (1964):

Transport und metabolism of butyrate by isolated rumen
epithelism.

Biochem. J. 92, 585 - 589

HIRONAKA, R., N. KIMURA u. G.C. KOZUB (1979):

Influence of feeding particle size on rate efficiency of
grain, characteristics of rumen fluid and rumen epithelium,
and numbers of protozoa.

Can. J. Anim. Sci. 59, 395 - 402

HÖRNICKE, H. (1964):

Der Stoffaustausch durch die Wand des Wiederkäuermagens.

Z. Tierphysiol. 19, 92 - 117

HOERSTKE, M. (1980):

Untersuchungen über die ketogene Wirkung von Capryl-, Caprin- und Laurinsäure nach intraruminaler Applikation beim Rind.
München, LMU, Tierärztl. Fak., Diss.

HOERSTKE, M. und G. DIRKSEN (1981):

Ketogenese und Pansenfunktion nach intraruminaler Applikation von gesättigten Fettsäuren (C_8 , C_{10} , C_{12}) beim Rind.

Zbl. Vet. Med. A, 28, 19 - 26

HOFMANN, R.R. (1973):

The ruminant stomach.
East African Literature Bureau, Nairobi

HOFMANN, R.R. (1984):

Comparative anatomical studies imply adaptive variations of ruminal digestive physiology.
Can. J. Anim. Sci. 64 (Suppl.), 203 - 205

HOFMANN, R.R. u. SCHNORR (1982):

Die funktionelle Morphologie des Wiederkäuermagens.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

HOFMANN, R.R., G. GEIGER u. R. KÖNIG (1976):

Vergleichend-anatomische Untersuchungen an der Vormagenschleimhaut von Rehwild (*Capreolus cap.*) und Rotwild (*Cervus elaphus*).
Z. Säugetierkunde 41, 167 - 193

HOOVER, W.H. (1986):

Chemical factors involved in ruminal fiber digestion.
J. Dairy Sci. 69, 2755 - 2766

HUNTINGTON, G.B. u. P.J. REYNOLDS (1983):

Net vfa absorption in nonlactating Holstein cows.

J. Dairy Sci. 66, 86 - 92

HUNTINGTON, G.B., P.J. REYNOLDS u. H.F. TYNELL (1983):

Net absorption and ruminal concentrations of metabolites in nonpregnant dry Holstein cows before and after intraruminal acetic acid infusion.

J. Dairy Sci. 66, 1901 - 1908

JUDSON, G.J., E. ANDERSON, J.R. LUICK u. R.A. LANG (1968):

The contribution of propionate to glucose synthesis in sheep given diets of different grain content.

Br. J. Nutr. 22, 69 - 75

KATO, S.(1964):

Untersuchungen an Zwillingskühen über Verdauungsvorgänge im Pansen.

Kieler Milchwirtschaftl. Forschungsber. 16, 49 - 77

KAUFFOLD, P. (1974):

Der Einfluß von Ernährungsfaktoren auf die Pansenschleimhaut.

Akad. Landwirtschaftswiss. d. DDR, Diss. B

KAUFFOLD, P. (1975):

Strukturen und Funktionen der Pansenschleimhaut erwachsener Wiederkäuer und ihre Beeinflussung durch Ernährungsfaktoren.

In: Piatkowski, B. (Hrsg.)

Nährstoffverwertung beim Wiederkäuer.

VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 62 - 113

KAUFFOLD, P. u. B. PIATKOWSKI (1971):

Zur Morphologie der Pansenmukosa junger Wiederkäuer bei unterschiedlicher Fütterung.

Arch. Tierernährung 21, 171 - 181

KAUFFOLD, P., J. VOIGT u. B. PIATKOWSKI (1975):

Untersuchungen über den Einfluß von Ernährungsfaktoren auf die Pansenschleimhaut. I. Strukturen und Funktionen nach Fütterung extremer Rationen und plötzlichem Futterwechsel.

Arch. Tierernähr. 25, 247 - 256

KAUFFOLD, P., M. KÖHLER u. W. FISCHER (1976):

Untersuchungen über den Einfluß von Ernährungsfaktoren auf die Pansenschleimhaut. II. Morphologische Zustände nach Fütterung mit Mastrationen in unterschiedlicher physikalischer Form.

Arch. Tierernähr. 26, 233 - 244

KAUFFOLD, P., J. VOIGT u. G. HERRENDÖRFER (1977a):

Untersuchungen über den Einfluß von Ernährungsfaktoren auf die Pansenschleimhaut. III. Schleimhautzustände nach Infusionen von Essig-, Propion- und Buttersäure.

Arch. Tierernähr. 27, 201 - 211

KAUFFOLD; P., B. PIATKOWSKI u. J. VOIGT (1977b):

Untersuchungen über den Einfluß von Ernährungsfaktoren auf die Pansenschleimhaut. IV. Die Wirkung von Pflanzenprotein und Harnstoff auf Schleimhautstrukturen und -funktionen.

Arch. Tierernähr. 27, 379 - 391

KAUFMANN, W. u. K. ROHR (1967):

Ergebnisse gaschromatographischer Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren im Pansen bei unterschiedlicher Fütterung.

Z. Tierphysiol. 22, 1 - 8

KAUFMANN, W. u. H. HAGEMEISTER (1969):

Das Puffersystem in den Vormägen von Rindern

Z. Tierphysiol. 25, 159 - 168

KAUFMANN, W., H. HAGEMEISTER u. G. DIRKSEN (1979):

Adaption to change in dietary composition, level and frequency of feeding.

In: RUCKEBUSH, Y. u. P. THIVED (Eds.)

Proc. 5 th. Int. Symp. on Ruminant Physiol.

Clermont - Ferrand, 587 - 602

KAY, M., B.F. FELL u. R. BOYNE (1969):

The relationship between the acidity of the rumen contents and rumenitis in calves fed on barley.

Res. Vet. Sci. 10, 181 - 187

KÖNIG, R., R.R. HOFMANN u. G. GEIGER (1976):

Differentiell-morphologische Untersuchungen der resorbierenden Schleimhautoberfläche des Pansens bei Rehwild im Sommer und Winter.

Z. Jagdwiss. 22, 191 - 196

KROGH, N. (1959):

Untersuchungen über Änderungen der mikrobiellen Zusammensetzung des Pansensaftes beim Schaf bei Zuschuß von leichtverdaulichen Kohlehydraten zum Futter. I. Rohrzucker.

Acta Vet. Scand. 1, 74 - 97

LANGER, P. (1974):

Oberflächenmessungen an der Innenauskleidung des Reticulorums von Rehwild (*Capreolus c.*) und Damwild (*Cervus dama*).

Z. Säugetierkunde 39, 168 - 190

LASSITER, C.A., R.S. EMERY u. C.W. DUNCAN (1958):

Effect of a-a-ash and valeric acids on growth of dairy heifers.

J. Dairy Sci. 41, 552

LEBZIEN, P., K. ROHR u. H.J. OSLAGE (1981):

Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fettsäureproduktion
im Pansen von der Rationszusammensetzung.

Arch. Tierernähr. 31, 685 - 696

LEE, G.J., W.R. MC MANUS u. V.N.E. ROBINSON (1982):

Changes in rumen fluid composition and in the rumen
epithelium when wheat is introduced to the diet of sheep: the
influence of wheat and hay consumption.

Austr. J. Agric. Res. 33, 321 - 333

LIEBICH, H.G., E. MAYER, R. ARBITMAN u. G. DIRKSEN (1982):

Strukturelle Veränderungen der Pansenschleimhaut hochprodu-
zierender Milchkühe von Beginn der Trockenperiode bis 8
Wochen p.p.

Proc. XII World Congr. on Diseases of Cattle, Amsterdam,
404 - 409

LIEBICH, H.G., G. DIRKSEN, A. ARBEL, S. DORI u. E. MAYER (1987):

Fütterungsabhängige Veränderungen der Pansenschleimhaut von
Hochleistungskühen im Zeitraum von der Trockenstellung bis
acht Wochen post partum.

Zbl. Vet. Med. A (in Druck)

LUBIARZ, J., S. CAKALA, J. ROSZKOWSKI u. M. STRYSZAK (1983):

Macroscopic and microscopic characteristics of the rumen
mucosa of the sheep fed pellets.

Med. Weter. 39, 530 - 534

MACKIE, R.J., F.M.C. GILCHRIST, A.M. ROBBERTS, P.E. HANNAH u.
H.M. SCHWARZ (1978):

Microbiological and chemical changes in the rumen during
stepwise adaption of sheep to high concentrate diets.

J. Agric. Sci. 90, 241 - 254

MAC LEOD, N.A. u. E.R. ORSKOV (1984):

Absorption and utilization of vfa in ruminant.

Can. J. Anim. Sci. 64 (Suppl.), 354 - 355

MAYER, E. u. H.G. LIEBICH (1980):

Strukturelle und funktionelle Änderungen der Pansenschleimhaut bei Hochleistungsrindern während der Laktationsperiode und um die Geburt.

Proc. XI. Int. Congr. Dis. of Cattle, Tel Aviv, 842 - 857

MAYER, E. H.G. LIEBICH, R. ARBITMAN, H. HAGEMEISTER u. G.

DIRKSEN (1986):

Nutritionally-induced changes in the ruminal papillae and their capacity to absorb short chain fatty acids in high producing dairy cows.

Proc. XIV. World Congr. Dis. of Cattle, Dublin,

Vol 2, 806 - 815

MC GILLIARD, A.D., N.C. JACOBSON u. J.D. SUTTON (1965):

Physiological development of the ruminant stomach.

In: DOUGHERTY, R.W., R.S. ALLEN u. W. BURROUGHS (Eds.)

Physiology of digestion in the ruminant.

Butterworths, Washington, 39 - 50

MICHEL, G. (1978):

Zur funktionellen Morphologie der Pansenschleimhaut der Wiederkäuer.

Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 27,
117 - 124

MICHEL, G. u. G. FLECHSIG (1969):

Zur Histogenese der Vormagenabteilungen und des Labmagens beim Rind unter besonderer Beachtung der Entwicklung der Schleimhautbildungen.

Anat. Anz. 124, 403 - 418

MOON, S.J. u. R.M. CAMPBELL (1973):

Effect of reproduction in sheep on the rate of cell division and nucleic acid content of the ruminal mucosa.

J. Agric. Sci. 80, 443 - 449

NARENDRA, S., O.P. NANGIA, Y. SINGH, J.P. PURI u. S.L. GARG (1982):

Early development of rumen function in buffalo calves: histological and histochemical changes in rumen as affected by age and diet.

Ind. J. Anim. Sci. 52, 490 - 496

NOBLE, R.C., J.H. MOORE u. C.G. HARFOOT (1974):

Observations on the pattern of biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic acid in the rumen.

Br. J. Nutr. 31, 99

NOCEK, J.E. u. E.M. Kesler (1980):

Growth and rumen characteristics of Holstein steers fed pelleted or conventional diets.

J. Dairy Sci. 63, 249 - 254

NOCEK, J.E., J.H. HERBEIN u. C.E. POLAN (1980):

Influence of ration physical form, ruminal degradable nitrogen and age on rumen epithel proprionate and acetate transport and some enzymatic activities.

J. Nutr. 110, 2355 - -2364

NOCEK, J. E., C. HEALD u. C.E. POLAN (1984):

Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves.

J. Dairy Sci. 67, 334 - 343

NOCKELS, C.F., C.D. KINTNER u. W.H. PFANDER (1966):

Influence of ration on morphology, histology and trace mineral content of sheep rumen papillae.

J. Dairy Sci. 49, 1068 - 1074

ORSKOV, E.R. (1975):

Manipulation of rumen fermentation for maximum food utilization

World Review of Nutrition and Dietetics 22, 152 - 182

OSHIO, S. u. I. TAHATA (1984):

Absorption of dissociated vfa through the rumen wall of sheep.

Can. J. Anim. Sci. 64 (Suppl.), 167 - 168

PALMQUIST, D.L., T.C. JENKINS u. A.E. JOYNER (1986):

Effect of dietary fat and calcium source on insoluble soap formation in the rumen.

J. Dairy Sci. 69, 1020 - 1025

PAPAS, A.M., S.R. AMES, C.E. POLAN, R.M. COOK, C.J. SNIFFEN u. L. CHASE (1981):

Effect of mixed ammonium salts of volatile fatty acids in dairy cows.

Proc. 76th Ann. Meeting Amer. Dairy Sci. Ass. Louisiana

PAPAS, A.M., S.R. AMES, R.M. COOK, C.J. SNIFFEN, C.E. POLAN u. L. CHASE (1984):

Production response of dairy cows fed diets supplemented with ammonium salts of iso C-4 and C-5 acids.

J. Dairy Sci. 67, 276 - 293

PRASAD, V.L. u. S.P. ARORA (1977):

Influence of dietary citrate on rumen development of Kavan-Swin calves.

Indian. J. Dairy Sci. 30, 53 - 62

RICKARD, M.D. u. J.H. TERNOUTH (1965):

The effect of the increased dietary volatile fatty acids on the morphological and physiological development of lambs with particular reference to the rumen.

J. Agric. Sci. 65, 371 - 377

ROWLAND, A.C. (1970):

The ruminitis and liverabscess complex and vitamin A status in beef cattle.

Anim. Prod. 12, 291 - 298

SAKATA, T. u. H. TAMATE (1976a):

Effect of intraruminal injection of n-sodium butyrate on the mitotic indices in sheep ruminal epithelium.

Tohoku J. Agric. Res. 27, 133 - 135

SAKATA, T. u. H. TAMATE (1976b):

Effect of n-butyrate administration rate on the epithelium cell proliferation in adult sheep rumen: a preliminary report.

Tohoku J. Agric. Res. 27, 136 - 138

SAKATA, T. und H. TAMATE (1978a).

Rumen epithelial cell proliferation accelerated by rapid increase in intraruminal butyrate.

J. Dairy Sci. 61, 1109 - 1113

SAKATA, T. und H. TAMATE (1978b):

Presence of circadian rhythm in the mitotic index of the ruminal epithelium in sheep.

Res. Vet. Sci. 24, 1 - 3

SAKATA, T. und H. TAMATE (1978c):

Influence of butyrate on the microscopic structure of ruminal mucosa in adult sheep.

Japanese J. Zootechnical Sci. 49, 687 - 690

SAKATA, T. und H. TAMATE (1979):

Rumen epithelium cell proliferation accelerated by propionate and acetate.

J. Dairy Sci. 62, 49 - 52

SAKATA, T., K. HIKOSAKA, Y. SHIOMURA und H. TAMATE (1980):

The stimulatory effect of butyrate on epithelial cell proliferation in the rumen of sheep and its mediation by insulin, differences between in vivo and in vitro studies.

In: APPELTON, D.R., J.P. SUNTER and J.H. WATSON (Eds.)

Cell Proliferation in the Gastrointestinal Tract.

Pittmann Medical Publishing, Kent

SANDER, E.G., R.G. WARNER, H.N. HARRISON und J.K. LOOSLI (1959):

The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf.

J. Dairy Sci. 42, 1600 - 1605

SCHARRER, E., M. MEDL und H.G. LIEBICH (1983):

Changes in the structure and function of the rumen epithelium during development.

Zbl. Vet. Med. A 30, 767 - 774

SCHEURMANN, E. und K.D. WEYRAUCH (1983):

Einfluß der Ernährung auf den Papillarkörper der Pansen-
schleimhaut bei Kälbern.

Anat. Histol. Embryol. 12, 126 - 138

SCHNORR, B. und B. VOLLMERHAUS (1967a):

Das Oberflächenrelief der Pansenschleimhaut bei Rind und
Ziege.

Zbl. Vet. Med. 14, 93 - 104

SCHNORR, B. und B. VOLLMERHAUS (1967b):

Die Feinstruktur des Pansenepithels von Ziege und Rind.

Zbl. Vet. Med. 14, 789 - 818

SCHNORR, B. und B. VOLLMERHAUS:

Das Blutgefäßsystem des Pansens von Rind und Ziege.

Zbl. Vet. Med. A 15, 799 - 828

SCHNORR, B. und K.H. WILLE (1972):

Zonulae occludentes im Pansenepithel der Ziege.

Z. Zellforsch. Mikr. Anat. 124, 39 - 43

SEELLERS, A.F. und F.D. MC LEOD (1964):

Arterial Blood flow in the ruminant stomach.

Am. J. Physiol. 207, 371 - 377

STEVEN, D.H. und A.B. MARSHALL (1970):

Organization of the rumen epithelium.

In: PHILLIPSON A.T. (Ed.)

Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant.

Oriel Press, Newcastle upon Tyne, 80 - 100

STEVENS, C.E. (1970):

Fatty acid transport through the rumen epithelium.

In: PHILLIPSON, A.T. (Ed.)

Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant.

Oriel Press, Newcastle upon Tyne, 101 - 112

SUPELCO, Inc. (1975):

GC Separation of VFA C2 - C5

Bulletin 749 E

Supelco, Inc., Bellefonte

SUTTON, J.D., A.D. MC GILLIARD u. N.C. JACOBSON (1963a):

Functional development of rumen mucosa. I. Absorptive ability.

J. Dairy Sci. 46, 426 - 436

SUTTON, J.D., A.D. MC GILLIARD, M. RICHARD u. N.L. JACOBSON (1963b):

Functional development of rumen mucosa. II. Metabolic activity.

J. Dairy Sci. 46, 530 - 537

SUTTON, J.D. (1968):

The fermentation of soluble carbohydrates in rumen contents of cows fed diets containing a large proportion of hay.

Br. J. Nutr. 22, 689 - 712

SUTTON, J.D. (1969):

The fermentation of soluble carbohydrates in rumen contents of cows given diets containing a large proportion of flaked maize.

Br. J. Nutr. 23, 567 - 583

SUTTON, J.D. (1976):

Energy supply from the digestive tract of cattle.

In: SWARZ, H. u. W.H. BROSTER (Eds.)

Principles of cattle production.

Butterworths, London, 121 - 143

TAMATE, H. u. B.F. FELL (1978):

Cell deletion as a factor in the regulation of rumen epithelial populations.

Vet. Sci. Communications 1, 359 - 364

TAMATE, H., A.D. MC GILLIARD, N.L. JACOBSON u. R. GETTY (1962):

Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach of the calf.

J. Dairy Sci. 45, 408 - 420

TAMATE, H., S. YONEYA, T. SAKATA, S. OMORI u. M. KATO (1978):

Rumen parakeratosis and acute rumenitis in calves fed on high-concentrate rations: an experimental survey.

J. Agric. Res. 29, 29 - 37

THORLACIUS, S.O. (1972):

Effect of steam-volatile fatty acids and carbon dioxide on blood content of rumen papillae of the cow.

Am. J. Vet. Res. 33, 427 - 430

THORLACIUS, S.O. u. G.A. LODGE (1973):

Absorption of steam-volatile fatty acids from the rumen of the cow as influenced by diet, buffers and ph.

Can. J. Anim. Sci. 53, 279 - 288

VOIGT, J. (1968):

Methodische Untersuchungen zur Erfassung von Pansenfermentationsvorgängen, ihre Beeinflussung durch Futter, flüchtige Fettsäuren und Milchsäure, sowie deren Auswirkungen auf den Wiederkäuer.

Diss. Dtsch. Akad. Landwirtsch.-Wiss., Berlin

WARNER, R.G. u. W.P. FLATT (1965):

Anatomical development of the ruminant stomach.

In: DOUGHERTY, R.W. (Ed.)

Physiology of digestion in the ruminant.

Butterworths, London, 24 - 38

WEEKES, T.E.C. u. J.J.F. WEBSTER (1974):

Metabolism of propionate by the portal-drained viscera in sheep.

Proc. Nutr. Soc. 33, 71 A - 72 A

WEIGAND, E., J.W. YOUNG u. A.D. MC GILLIARD (1972):

Extent of butyrate metabolism by bovine rumenoreticulum epithelium and the relationship to absorption rate.

J. Dairy Sci. 55, 589 - 597

WEIGAND, E., J.W. YOUNG u. A.D. MC GILLIARD (1975):

Volatile fatty acid metabolism by rumen mucosa from cattle fed hay or grain.

J. Dairy Sci. 58, 1294 - 1300

WOODS, W. u. R. LUTHER (1962):

Further observations on the effect of physical preparation of the ration on volatile fatty acid production.

J. Anim. Sci. 21, 809 - 814

YAMDAGNI, S., L.H. SCHULTZ u. H.D. RADLOFF (1968):

Effect of carbon chain length of fatty acids on ketogenesis in the ruminant.

J. Dairy Sci. 51, 1094 - 1097

A N H A N G

Tabellen

Tab. 29 - 47: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchungen Kuh I

Tab. 48 - 65: Ergebnisse der Pansensaftuntersuchungen Kuh II

Tabelle 29: Gemessener pH-Wert in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 1 nach 0 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Pansensaft-pH	7,37	6,58	6,78	7,25	7,01	6,87	6,88	6,93	6,83	7,12	6,79	6,70	6,80

Tabelle 30: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und pH in Pansensaftproben des Meßtages in Periode 1 nach 8 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	53,3	52,9	52,8	55,2	50,4	50,9	48,7	48,8	49,7	50,0	50,7	56,5	59,5
Propionsäure	14,3	14,8	14,8	14,1	12,4	14,1	13,8	13,4	13,6	13,7	14,7	18,0	18,3
i-Buttersäure	0,79	0,82	0,82	0,83	0,75	0,75	0,68	0,73	0,68	0,69	0,74	0,77	0,72
n-Buttersäure	9,9	30,8	27,0	25,9	18,9	14,9	14,4	12,1	11,2	9,9	40,0	26,3	23,5
2-Methylbutters.	0,31	0,51	0,48	0,49	0,40	0,38	0,40	0,36	0,36	0,42	0,31	0,43	0,29
i-Valerians.	0,38	0,46	0,49	0,48	0,40	0,36	0,43	0,37	0,36	0,40	0,41	0,38	0,34
n-Valerians.	0,75	0,78	0,95	0,96	0,75	0,67	0,67	0,53	0,57	0,56	0,78	1,13	1,38
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt - FFS	79,4	101,0	97,3	98,0	84,0	82,0	79,0	76,2	76,4	75,6	107,6	103,5	104,0
Pansensaft-pH	7,21	6,75	6,96	6,67	6,95	6,58	6,80	6,74	6,81	6,99	6,96	6,78	6,51

Tabelle 31: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 1 nach 10 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	49,9	52,4		52,1	54,1	51,1			49,8		50,0	51,6	54,1
Propionsäure	13,1	14,3		14,8	14,1	12,4			13,9		14,2	14,5	15,1
i-Buttersäure	0,72	0,67		0,86	0,64	0,75			0,63		0,69	0,72	0,68
n-Buttersäure	8,9	36,7		22,7	20,1	18,9			11,1		41,1	28,5	26,0
2-Methylbutters.	0,45	0,41		0,39	0,47	0,46			0,43		0,39	0,34	0,33
i-Valerians.	0,40	0,49		0,45	0,49	0,40			0,30		0,39	0,31	0,33
n-Valerians.	0,59	0,74		1,01	0,74	0,63			0,65		0,80	0,81	1,07
Heptensäure	-	-		-	-	-			-		-	-	-
Gesamt - FFS	74,0	105,7		92,3	90,6	84,6			76,8		107,5	96,7	97,6
Pansensaft-pH	6,90	6,95	6,63	6,36	6,11	6,34	6,39	6,94	6,90	6,73	6,60	6,54	6,34

Tabelle 32: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 2 nach 6 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	50,1			49,2	52,1		49,1	48,3				48,5	49,5
Propionsäure	12,1			14,8	15,9		15,1	13,6				14,1	14,8
i-Buttersäure	0,68			0,70	0,79		0,81	0,69				0,72	0,78
n-Buttersäure	5,7			5,8	6,0		5,8	5,1				6,4	5,9
2-Methylbutters.	0,49			0,42	0,39		0,44	0,38				0,42	0,41
i-Valeriansäure	0,39			0,41	0,39		0,41	0,38				0,40	0,42
n-Valeriansäure	0,52			0,66	0,62		0,72	0,51				0,79	0,81
Heptansäure													
Gesamt - FFS	69,9			71,9	76,1		72,3	68,9				71,3	72,4
Pansensaft-pH	6,98	6,95	7,14	7,10	6,94	6,83	6,69	6,96	6,89	7,22	6,83	6,73	7,00

Tabelle 33: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 2 nach 7 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	45,6		48,5	52,2	56,0			48,4		55,7	47,2	48,7	52,0
Propionsäure	12,0		14,8	15,8	16,0			12,8		14,7	14,0	14,2	15,0
i-Buttersäure	0,68		0,65	0,79	0,75			0,57		0,60	0,62	0,66	0,59
n-Buttersäure	5,7		7,4	7,2	7,5			5,5		5,8	6,5	6,2	6,7
2-Methylbutters.	0,50		0,41	0,37	0,37			0,35		0,43	0,42	0,44	0,32
i-Valeriansäure	0,36		0,43	0,36	0,36			0,33		0,45	0,31	0,48	0,35
n-Valeriansäure	0,47		0,77	0,73	0,73			0,53		0,50	0,67	0,82	0,87
Heptansäure	-		-	-	-			-		-	-	-	-
Gesamt - FFS	65,3		72,9	77,4	81,7			68,4		77,6	69,7	71,5	75,8
Pansensaft-pH	7,00	7,09	6,73	6,69	6,64	7,13	6,69	6,56	6,73	6,60	6,59	6,84	6,73

Tabelle 34: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 3 nach 3 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	48,1	50,7	49,1	47,2	52,9	48,7	50,5	49,9	42,9	47,9	48,8	46,5	
Propionsäure	12,8	13,3	14,2	14,3	14,0	12,3	14,7	13,6	11,7	12,1	14,8	13,8	
i-Buttersäure	0,78	0,74	0,63	0,71	0,74	0,73	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,61	
n-Buttersäure	5,6	5,3	6,5	6,6	8,0	6,8	6,5	6,8	6,9	6,2	6,8	6,8	
2-Methylbutters.	0,67	0,63	0,62	0,67	0,62	0,55	0,66	0,66	0,59	0,55	0,54	0,56	
i-Valeriansäure	0,47	0,46	0,49	0,53	0,55	0,41	0,43	0,42	0,41	0,49	0,39	0,42	
n-Valeriansäure	0,63	0,62	0,86	1,05	0,64	0,83	0,93	0,83	0,64	0,74	1,08	1,27	
Heptansäure	-	1,17	1,37	2,81	3,85	5,93	8,88	7,60	5,19	2,60		1,19	
Gesamt - FFS	69,0	72,9	73,7	74,3	81,3	76,2	83,3	80,5	69,0	75,6		71,1	
Pansensaft-pH	7,22	6,97	6,76	6,79	6,67	6,81	6,49	6,56	6,84	6,77	6,75	6,55	6,28

Tabelle 35: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 3 nach 4 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	55,7	57,9		49,9	50,8	58,4	58,8	59,9				49,2	57,6
Propionsäure	15,2	16,3		13,8	14,7	16,5	16,4	15,0				15,1	16,5
i-Buttersäure	0,63	0,71		0,68	0,65	0,71	0,73	0,70				0,60	0,53
n-Buttersäure	8,6	8,5		8,7	8,0	9,4	9,0	8,5				8,8	9,1
2-Methylbutters.	0,64	0,62		0,60	0,59	0,64	0,62	0,68				0,51	0,52
i-Valeriansäure	0,39	0,45		0,33	0,39	0,35	0,35	0,33				0,34	0,36
n-Valeriansäure	0,74	0,90		0,86	0,82	0,91	0,93	0,87				0,81	0,87
Heptansäure	-	1,83		3,62	5,17	6,90	7,28	9,70				0,95	0,80
Gesamt - FFS	81,9	87,2		78,4	81,1	93,8	94,1	95,6				76,3	86,2
Pansensaft-pH	6,83	6,72	6,63	6,65	6,65	6,34	6,31	6,21	6,50	6,93	6,50	6,48	6,22

Tabelle 36: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 4 nach 3 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	49,9	49,2	52,9			51,0	48,3		51,1			51,1	52,1
Propionsäure	14,3	14,5	13,4			15,7	13,3		14,9			15,3	15,2
i-Buttersäure	0,75	0,75	0,79			0,71	0,64		0,69			0,74	0,71
n-Buttersäure	6,5	6,5	7,0			7,1	5,9		6,7			6,7	6,8
2-Methylbutters.	0,57	0,54	0,37			0,46	0,40		0,43			0,44	0,41
i-Valeriansäure	0,44	0,50	0,43			0,40	0,32		0,36			0,34	0,41
n-Valeriansäure	0,44	0,54	0,59			0,61	0,50		0,54			0,70	0,69
Heptansäure	-	-	-			-	-		-			-	-

- 148 -

Gesamt FFS 72,9 72,5 76,4 77,9 69,3 74,7 75,3 76,4

Pansensaft - pH 6,86 6,80 6,98 7,45 6,79 6,78 6,72 6,70 6,67 6,88 6,35

Tabelle 37: Gemessener pH-Wert in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 4 nach 6 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Pansensaft-pH	6,49	6,97	6,87	7,13	6,70	6,54	6,77	6,76	6,82	7,03	6,64	6,88	6,63

Tabelle 38: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und pH in Pansensaftproben des Meßtages in Periode 6 nach 5 Wochen bei Kuh I
(Fütterung: 4 kg KF und 4 kg Heu pro Tag)

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Essigsäure	50,6	49,7	49,0	52,2	56,1	52,9	52,6	49,1	51,7	48,9	50,0	51,1
Propionsäure	12,0	12,4	12,3	13,2	14,1	13,6	13,5	12,3	13,2	10,3	13,5	14,0
i-Buttersäure	0,85	0,79	0,81	0,87	0,83	0,93	0,82	0,72	0,87	0,70	0,76	0,62
n-Buttersäure	10,0	9,7	9,4	10,5	11,3	10,7	11,1	9,9	10,9	10,0	10,8	11,4
2-Methylbut.	0,51	0,45	0,38	0,38	0,48	0,62	0,44	0,48	0,46	0,32	0,43	0,30
i-Valerians.	0,52	0,50	0,44	0,43	0,55	0,55	0,50	0,50	0,48	0,42	0,46	0,41
n-Valerians.	0,63	0,59	0,88	0,69	0,88	0,89	0,76	0,80	0,89	0,89	0,89	0,87
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt - FFS	75,1	74,1	73,3	78,2	84,2	80,1	79,7	73,8	78,5	71,5	76,8	78,7
Pansensaft-pH	6,90	7,13	7,32	7,33	6,80	6,70	6,90	6,78	6,99	6,78	6,60	6,60

Tabelle 39: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und pH in Pansen saftproben des Meßtages in Periode 6 nach 7 Wochen bei Kuh I
(Fütterung: 4 kg KF und 4 kg Heu pro Tag)

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	45,1		48,3	49,5	49,3	52,0	48,2		50,8	47,1	47,2	48,0	52,6
Propionsäure	11,6		13,2	13,4	13,7	14,6	12,4		15,3	14,6	15,2	16,3	17,2
i-Buttersäure	0,88		1,05	1,12	1,04	1,13	0,93		1,00	0,88	0,79	0,74	0,87
n-Buttersäure	9,1		9,3	9,5	9,8	10,3	9,9		10,6	9,8	10,5	10,3	12,0
2-Methylbut.	0,54		0,81	0,75	0,67	0,77	0,56		0,61	0,46	0,49	0,52	0,63
i-Valerians.	0,58		0,70	0,85	0,74	0,68	0,54		0,59	0,47	0,66	0,54	0,58
n-Valerians.	0,92		0,95	0,97	0,99	1,01	0,79		0,98	0,82	0,93	1,13	1,21
Heptansäure	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
Gesamt - FFS	68,7		74,3	76,0	76,2	80,4	73,3		79,8	74,1	75,7	77,5	85,0
Pansen saft-pH	7,20		7,02	7,14	7,33	6,91	6,87		7,11	6,92	6,87	6,55	6,31

Tabelle 40: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 6 nach 11 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	22.00	2.00
Essigsäure	49,7		50,8	51,4	44,2	44,7	44,2	43,2	47,8	50,2	50,3	55,6	58,3	50,4	
Propionsäure	12,8		13,6	13,2	11,4	11,5	10,8	10,6	11,6	12,4	13,7	14,4	14,2	12,5	
i-Buttersäure	0,91		0,93	0,90	0,78	0,75	0,75	0,72	0,81	0,76	0,70	0,78	0,77	0,86	
n-Buttersäure	9,6		10,2	10,8	9,7	10,1	10,1	9,9	8,4	12,4	13,0	14,2	14,0	11,1	
2-Methylbuttersäure	0,54		0,55	0,53	0,53	0,55	0,46	0,66	0,59	0,63	0,61	0,64	0,55	0,58	
i-Valeriansäure	0,43		0,47	0,49	0,61	0,64	0,44	0,65	0,48	0,50	0,47	0,46	0,40	0,51	
n-Valeriansäure	0,61		0,84	0,95	0,92	0,98	0,83	0,98	1,07	1,00	1,13	1,28	0,95	0,76	
Heptansäure	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gesamt FFS	74,5		77,3	78,2	68,1	69,2	67,5	66,7	70,7	77,8	86,2	87,3	89,1	76,6	
Pansensaft - pH	7,15	6,86	6,80	6,96	6,79	6,63	6,99	6,99	6,78	6,45	6,37	6,11	5,25	6,05	6,55

Tabelle 41: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 6 nach 14 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	7.30	8.30	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	15.30	16.00	17.00	19.30	22.30	4.30
Essigsäure	46,9	56,5	47,5	48,8	56,1	53,2	41,6		50,0	51,7	57,8		61,5	55,2
Propionsäure	16,7	21,0	18,1	18,4	26,8	22,7	17,0		21,1	21,9	25,7		30,5	25,9
i-Buttersäure	0,88	1,20	0,99	1,00	1,04	1,00	0,70		0,86	0,82	0,89		1,01	1,28
n-Buttersäure	9,1	10,4	9,2	9,2	11,2	10,3	8,1		10,0	10,6	11,6		13,0	8,8
2-Methylbutters.	4,27	4,36	3,47	3,37	3,48	3,38	2,24		3,47	3,30	4,10		5,51	4,19
i-Valeriansäure	0,75	0,91	0,68	0,76	0,87	0,81	0,65		0,71	0,58	0,74		0,79	1,20
n-Valeriansäure	1,93	2,25	1,92	1,93	2,28	2,28	1,67		1,91	2,14	2,68		3,47	2,73
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-		-	-
Gesamt FFS	80,5	96,6	81,8	83,5	101,7	93,6	71,9		88,0	90,8	103,5		115,7	99,3
Pansensaft - pH	6,47	6,37	6,50	6,14	5,90	6,54	6,09	5,54	6,06	5,77	5,61	5,41	5,23	6,41

Tabelle 42: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 6 nach 15 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	9.00	11.00	12.00	14.00	15.00	17.00	18.00
Essigsäure	49,6	61,1	59,0	56,1	54,2	58,4	50,2	46,7
Propionsäure	26,0	36,2	36,3	36,7	35,4	35,5	31,9	31,9
i-Buttersäure	1,28	1,35	1,33	1,14	1,18	1,25	1,05	0,95
n-Buttersäure	9,5	10,7	10,8	10,0	10,2	12,2	9,7	10,8
2-Methylbuttersäure	1,50	1,49	1,31	1,31	1,27	1,33	1,05	1,31
i-Valeriansäure	0,96	0,91	0,93	0,87	0,88	0,86	0,68	0,89
n-Valeriansäure	1,93	2,01	1,95	2,05	2,14	2,24	1,76	1,90
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	90,7	113,7	111,6	108,1	105,2	111,7	96,4	94,3
Pansensaft - pH	6,65	6,03	5,95	6,17	6,20	6,01	6,48	6,65

Tabelle 43: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 16 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	19.00	24.00	2.00
Essigsäure	59,8	63,7	58,1	56,2	65,7	58,7	53,3	50,8	63,8
Propionsäure	33,2	34,0	34,0	33,7	39,6	35,5	33,0	33,6	42,1
i-Buttersäure	0,71	0,75	0,69	0,67	0,47	0,73	0,55	0,72	0,80
n-Buttersäure	8,6	9,6	8,0	7,4	9,5	8,3	7,9	7,0	8,8
2-Methylbutters.	0,66	0,70	0,61	0,62	0,79	0,65	0,57	0,67	0,86
i-Valeriansäure	0,52	0,55	0,56	0,54	0,47	0,51	0,44	0,47	0,69
n-Valeriansäure	1,61	1,57	1,57	1,48	1,72	1,58	1,38	1,39	1,91
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	104,1	110,8	103,5	100,6	118,2	105,9	97,2	94,6	118,9
Pansensaft - pH	5,98	5,86	5,81	6,09	5,54	6,81	5,92	6,18	5,64

Tabelle 44: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 18 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	10.00	12.00	14.00	16.00	22.30
Essigsäure	46,7	44,7	49,4	46,3	53,2	48,9
Propionsäure	15,9	16,1	15,9	20,0	22,6	19,8
i-Buttersäure	0,90	0,74	0,78	0,74	0,72	0,79
n-Buttersäure	17,2	19,3	22,2	23,5	26,4	21,5
2-Methylbutters.	1,69	1,68	1,70	1,69	2,24	1,78
i-Valeriansäure	0,53	0,48	0,55	0,49	0,61	0,57
n-Valeriansäure	2,24	2,48	2,49	2,45	3,15	2,87
Heptansäure	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	85,1	85,4	93,0	95,1	108,9	96,2
Pansensaft - pH	6,52	6,60	6,15	6,04	5,55	6,20

Tabelle 45: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 19 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	8.30	10.00	12.30	14.00	16.30	18.00	22.00
Essigsäure	47,9	46,6	54,7	63,4	60,4	61,4	58,2	54,7
Propionsäure	32,6	31,9	38,9	49,4	49,6	48,6	45,8	42,4
i-Buttersäure	0,96	0,99	0,96	0,91	0,89	0,81	0,76	0,86
n-Buttersäure	5,4	6,3	7,5	7,9	8,1	7,3	7,9	6,9
2-Methylbuttersäure	1,08	0,97	0,99	1,10	1,08	0,89	0,87	0,83
i-Valeriansäure	0,62	0,65	0,64	0,77	0,75	0,60	0,52	0,59
n-Valeriansäure	1,88	1,87	2,24	2,50	2,69	2,43	2,44	2,36
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	90,4	89,3	106,0	125,9	123,5	122,0	116,5	108,7
Pansensaft - pH	6,52	6,59	6,24	5,65	5,60	5,88	5,63	6,12

Tabelle 46: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 24 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00
Essigsäure	44,1	46,9	46,6	47,6	44,7
Propionsäure	11,8	12,9	13,7	13,3	12,2
i-Buttersäure	0,65	0,69	9,66	0,52	0,53
n-Buttersäure	4,3	5,0	4,8	5,0	4,8
2-Methylbuttersäure	0,46	0,43	0,34	0,25	0,26
i-Valeriansäure	0,36	0,40	0,26	0,26	0,27
n-Valeriansäure	0,40	0,52	0,48	0,42	0,35
Heptansäure	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	62,0	66,8	66,8	62,3	63,1
Pansensaft - pH	6,95	5,65	6,78	6,79	6,81

Tabelle 47: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 25 Wochen bei Kuh I

Entnahmezeit	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	2.00	4.00
Essigsäure	36,7		32,6		30,5	35,1	38,4	33,6	45,3	42,5	38,6	41,8
Propionsäure	10,2		10,7		10,9	9,9	12,2	10,9	8,5	13,5	11,0	11,7
i-Buttersäure	0,39		0,39		0,28	0,30	0,37	0,37	0,34	0,50	0,32	0,43
n-Buttersäure	4,1		4,3		4,5	4,2	4,8	5,0	5,5	5,76	4,59	4,95
2-Methylbutters.	0,21		0,19		-	-	-	-	-	-	-	-
i-Valeriansäure	0,19		0,29		-	-	-	-	-	-	-	0,19
n-Valeriansäure	0,25		0,69		0,35	0,28	0,54	0,54	0,48	0,59	-	0,38
Heptansäure	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	52,1		49,2		46,6	49,8	56,3	50,4	60,1	62,7	54,5	54,5
Pansensaft - pH	6,91	6,62	6,74	6,77	6,74	6,80	6,73	6,58	6,40	6,62	7,10	6,63

Tabelle 48: Gemessener pH-Wert in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 1 nach 0 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Pansensaft-pH	7,21	6,95	6,70	6,95	6,85	6,31	6,59	6,46	6,72	6,67	6,60	5,80	6,41

Tabelle 49: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 1 nach 8 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	64,1		65,6	63,3	67,7	62,7	68,8	72,4	66,9	65,2	67,9	71,8	77,4
Propionsäure	16,6		17,7	17,0	18,0	19,7	18,1	18,7	18,0	17,7	18,7	20,1	21,7
i-Buttersäure	0,74		0,76	0,68	0,74	0,75	0,71	0,67	0,66	0,74	0,76	0,75	0,82
n-Buttersäure	7,0		8,0	7,8	8,0	8,6	7,7	8,1	7,7	7,5	8,7	8,9	9,9
2-Methylbutters.	0,62		0,63	0,60	0,61	0,63	0,60	0,60	0,59	0,58	0,57	0,66	0,69
i-Valeriansäure	0,41		0,41	0,37	0,35	0,39	0,36	0,31	0,33	0,34	0,42	0,43	0,44
n-Valeriansäure	0,68		0,98	0,92	0,84	0,93	0,77	0,75	0,74	0,60	0,82	1,02	1,12
Heptansäure	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Gesamt - FFS	90,1		93,9	99,1	96,2	90,7	97,0	101,5	94,9	92,6	97,8	103,6	112,7
Pansensaft-pH	6,25	6,23	6,26	6,28	6,24	5,83	6,02	5,87	6,08	5,93	6,13	6,05	5,80

Tabelle 50: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 1 nach 10 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure		54,9		64,3		63,4	62,0				66,9		51,4
Propionsäure		21,8		21,0		20,2	18,3				17,7		20,7
i-Buttersäure		1,10		1,11		0,97	0,78				0,79		1,02
n-Buttersäure		12,9		10,5		8,8	8,0				9,2		8,7
2-Methylbutters.		0,91		0,85		0,73	0,85				0,76		0,86
i-Valeriansäure		0,74		0,63		0,62	0,70				0,56		0,54
n-Valeriansäure		1,08		1,06		0,93	1,07				0,88		1,08
Heptansäure		-		-		-	-				-		-
Gesamt FFS		93,4		99,4		95,6	91,7				96,7		84,3
Pansensaft - pH	6,60	6,40	6,35	6,05	5,83	6,19	5,80	5,94	6,43	6,24	6,30	6,19	5,81

Tabelle 51: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 2 nach 6 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	47,7	55,9		51,3		54,9		57,5	49,9	57,4	53,6	63,7	66,3
Propionsäure	12,8	68,8		20,8		17,5		19,4	18,0	19,9	40,3	32,9	25,7
i-Buttersäure	1,00	0,99		0,93		0,97		0,85	0,83	0,87	1,03	1,06	1,03
n-Buttersäure	6,0	48,2		9,9		7,2		8,0	7,6	8,6	30,1	20,8	9,4
2-Methylbutters.	0,69	0,78		0,72		0,62		0,76	0,74	0,67	0,74	0,85	0,82
i-Valeriansäure	0,49	0,55		0,58		0,49		0,58	0,57	0,49	0,51	0,50	0,61
n-Valeriansäure	0,57	9,57		0,60		0,53		0,67	0,58	0,71	0,80	0,79	0,80
Heptansäure	-	-		-		-		-	-	-	-	-	-
Gesamt - FFS	69,2	175,7		84,8		82,2		87,7	78,2	88,6	127	120,6	104,6
Pansensaft pH	6,66	6,36	6,59	6,48	6,55	6,67	6,61	6,57	6,52	6,68	6,38	6,23	6,29

Tabelle 52: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 2 nach 7 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	47,7	51,5		57,1	63,6		65,3	58,9	58,8	65,2	60,8	56,7	74,5
Propionsäure	14,5	86,1		32,0	24,8		23,7	20,4	20,3	21,1	37,7	33,4	37,4
i-Buttersäure	0,81	1,08		0,91	0,87		0,66	0,68	0,72	0,97	0,82	0,78	1,10
n-Buttersäure	7,7	49,7		12,3	13,8		12,8	12,5	10,4	10,7	24,3	18,8	16,6
2-Methylbutters.	0,67	0,59		0,61	0,60		0,59	0,53	0,56	0,61	0,62	0,57	0,87
i-Valeriansäure	0,56	0,48		0,48	0,38		0,35	0,38	0,34	0,32	0,40	0,44	0,40
n-Valeriansäure	0,63	0,76		0,93	0,90		0,83	0,69	0,72	0,73	0,69	0,77	0,62
Heptansäure	-	-		-	-		-	-	-	-	-	-	-
Gesamt - FFS	72,5	190,2		104,3	104,9		104,2	94,0	81,44	99,6	125,3	111,4	131,4
Pansensaft - pH	6,69	6,56	6,47	6,40	6,10	5,85	5,99	5,77	6,11	6,17	6,23	6,32	6,21

Tabelle 53: Gemessener pH-Wert in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 3 nach 3 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Pansensaft-pH	6,42	6,44	6,22	6,36	6,11	6,33	6,35	6,33	6,89	6,94	6,34	5,91	5,63

Tabelle 54: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l)
gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 3 nach 4 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure					63,9	66,7		65,0					
Propionsäure					17,8	18,4		18,2					
i-Buttersäure					0,96	0,95		0,92					
n-Buttersäure					8,5	8,7		8,6					
2-Methylbutters.					0,59	0,64		0,61					
i-Valeriansäure					0,33	0,34		0,45					
n-Valeriansäure					0,89	0,83		0,76					
Heptansäure					-	-		-					
Gesamt - FFS					92,9	96,5		94,5					
Pansensaft - pH	7,04	6,35	6,76	6,39	6,75	6,28	6,34	6,52	5,99	6,91	6,48	5,69	6,01

Tabelle 55: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 4 nach 3 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	46,4		45,2	55,4	52,1	52,6			59,4	56,1	54,7	58,8	68,3
Propionsäure	15,0		13,0	15,2	14,2	14,6			16,7	15,7	16,7	17,3	19,5
i-Buttersäure	0,76		0,67	0,69	0,71	0,65			0,69	0,68	0,65	0,66	0,72
n-Buttersäure	4,6		7,1	8,2	7,6	7,8			8,6	7,9	7,6	8,3	9,4
2-Methylbutters.	0,67		0,76	0,77	0,63	0,63			0,72	0,60	0,62	0,74	0,83
i-Valeriansäure	0,30		0,43	0,36	0,35	0,35			0,34	0,36	0,49	0,34	0,34
n-Valeriansäure	0,51		0,64	0,72	0,62	0,63			0,69	0,59	0,70	0,68	0,72
Heptensäure	-		1,24	2,39	4,33	7,40			4,30	3,84	4,10	5,17	4,14
Gesamt - FFS	67,5		69,1	83,7	80,6	84,7			91,4	85,8	91,9	92,0	108,4
Pansensaft - pH	6,75	6,56	6,56	6,31	6,47	6,40	6,41	6,59	6,39	6,63	6,58	6,10	6,06

Tabelle 56: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentrationen der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 4 nach 6 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	46,2	58,8	60,6	57,4	55,3	54,3		61,6	53,4		54,9	65,9	
Propionsäure	12,9	15,9	17,2	15,3	17,8	17,4		16,8	14,5		15,3	17,7	
i-Buttersäure	0,79	0,93	0,95	0,86	0,89	0,96		0,88	0,78		0,85	0,88	
n-Buttersäure	5,5	7,4	8,1	7,9	9,3	8,3		8,5	7,5		7,5	8,9	
2-Methylbutters.	0,72	0,83	0,86	0,88	0,86	0,85		0,85	0,76		0,72	0,78	
i-Valeriansäure	0,39	0,46	0,53	0,57	0,55	0,53		0,47	0,43		0,34	0,40	
n-Valeriansäure	0,56	0,53	0,66	0,66	0,72	0,63		0,68	0,55		0,63	0,69	
Heptansäure	-	2,91	3,73	4,30	4,37	6,80		5,52	4,54		4,69	3,24	
Gesamt - FFS	67,0	87,7	92,6	87,7	89,7	89,8		95,3	82,4		85,0	98,5	
Pansensaft - pH	6,96	6,68	6,79	6,57	6,55	6,71	6,35	6,60	6,69	6,88	6,78	6,64	6,29

Tabelle 57: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 5 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Essigsäure	53,7	56,2	56,0	50,9	57,1	60,0	60,1	63,8	56,4	60,1	57,5	63,4
Propionsäure	13,4	14,1	14,6	13,1	14,9	15,5	16,4	17,0	15,4	16,3	16,2	17,7
i-Buttersäure	0,98	0,96	0,95	0,86	1,11	1,00	1,16	1,02	1,30	0,98	0,89	1,15
n-Buttersäure	11,9	12,2	12,2	11,6	12,6	13,3	14,2	15,2	13,6	14,3	13,4	15,2
2-Methylbutters.	0,62	0,64	0,60	0,61	0,73	0,66	0,82	0,69	0,77	0,62	0,53	0,64
i-Valeriansäure	0,62	0,62	0,63	0,57	0,66	0,69	0,81	0,66	0,78	0,68	0,62	0,71
n-Valeriansäure	0,67	0,83	0,90	0,73	0,98	1,10	0,98	1,15	0,96	0,98	1,01	1,21
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	81,8	85,5	85,8	78,3	88,0	92,2	94,4	99,5	89,2	93,9	90,1	100,0
Pansensaft - pH	6,78	6,49	6,51	6,48	6,33	6,36	6,23	5,83	6,22	6,05	6,23	5,97

Tabelle 58: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 7 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Essigsäure	60,2		50,7	57,0	51,1	51,9	50,2	55,7	55,9	56,8	51,1	59,8	54,5
Propionsäure	16,6		12,3	14,0	12,8	13,1	12,5	14,5	14,1	15,2	14,6	17,2	16,2
i-Buttersäure	1,05		1,25	1,32	1,28	1,21	0,94	1,30	1,25	1,31	1,08	1,25	1,18
n-Buttersäure	13,8		12,0	13,5	12,7	13,0	12,8	14,6	14,5	14,6	13,3	15,7	13,7
2-Methylbutters.	0,81		0,91	0,96	0,93	0,89	0,89	0,97	0,77	0,90	0,78	0,88	0,94
i-Valeriansäure	0,74		1,00	0,61	1,02	0,85	0,99	1,09	0,84	0,93	0,88	1,22	1,11
n-Valeriansäure	0,76		1,06	1,12	1,17	1,07	1,00	1,27	1,21	1,44	1,22	1,68	1,63
Heptansäure	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	93,9		79,2	88,5	80,9	82,0	79,3	89,4	88,5	91,2	82,9	97,7	89,2
Pansensaft - pH	6,60	6,42	6,87	6,97	6,93	6,55	6,66	6,54	6,63	6,63	6,56	6,20	6,51

Tabelle 59: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 11 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	22.00	2.00
Essigsäure	48,5		52,6	54,1	53,5	53,4	56,2	55,2	61,2	55,3	67,3	63,3	64,3	59,0	58,0
Propionsäure	13,6		16,6	17,5	17,7	20,2	22,9	21,5	25,9	24,4	31,1	29,4	30,2	24,7	20,7
i-Buttersäure	0,97		1,07	1,17	1,06	1,17	1,14	1,06	1,09	0,99	1,11	1,09	1,00	1,02	0,99
n-Buttersäure	10,3		11,9	12,4	12,5	12,7	12,5	12,4	13,2	12,0	15,4	13,8	13,1	11,4	11,3
2-Methylbutters.	0,78		0,79	0,81	0,71	0,71	0,77	0,62	0,72	0,71	0,78	0,67	0,61	0,69	0,74
i-Valeriansäure	0,69		0,70	0,77	0,71	0,68	0,94	0,63	0,70	0,75	0,81	0,69	0,60	0,65	0,66
n-Valeriansäure	0,69		0,98	1,05	1,22	1,29	1,24	1,31	1,43	1,33	1,65	1,49	1,64	1,22	1,03
Heptansäure	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	75,5		84,3	87,8	87,4	90,1	95,6	92,8	103,9	94,4	118,1	110,4	111,4	98,6	93,4
Pansensaft - pH	6,90	6,42	6,61	6,54	6,36	6,44	6,12	6,25	5,90	6,02	5,65	5,75	5,61	6,10	6,18

Tabelle 60: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in Periode 6 nach 14 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	7.30	8.30	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	15.30	16.00	17.00	19.30	22.30	4.30
Essigsäure	45,5		54,9	60,9	65,0	63,4	68,1	72,0	51,6	54,6	63,0	66,5	65,3	52,1
Propionsäure	22,9		28,4	31,4	33,9	32,3	35,2	39,1	26,1	27,2	29,3	32,0	35,5	30,5
i-Buttersäure	1,45		1,55	1,69	1,72	1,36	1,40	1,67	1,16	1,15	1,08	1,11	1,25	1,91
n-Buttersäure	12,6		13,9	15,3	16,5	16,9	18,6	19,6	13,6	13,4	15,7	16,4	14,3	8,4
2-Methylbutters.	2,20		2,28	2,58	2,52	2,22	2,15	2,48	1,68	1,80	1,86	1,80	2,10	2,35
i-Valeriansäure	1,21		1,14	1,24	1,21	1,14	0,94	1,26	0,78	0,85	0,67	0,74	0,93	1,61
n-Valeriansäure	6,62		7,77	8,61	8,97	8,85	10,1	11,1	7,6	7,4	7,6	8,78	8,23	5,52
Heptansäure	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	92,4		107,6	121,7	129,8	126,1	136,4	147,2	102,6	106,4	119,2	127,3	126,6	102,2
Pansensaft - pH	6,22	5,88	5,69	5,51	5,38	5,37	5,15	5,03	5,58	5,80	5,16	5,07	5,23	6,35

Tabelle 61: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 15 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	9.00	11.00	12.00	14.00	15.00	17.00	18.00
Essigsäure	58,3	53,4	59,5	55,7	64,7	61,5	57,1	53,7
Propionsäure	29,6	24,8	27,9	27,0	29,3	26,9	26,8	22,9
i-Buttersäure	2,10	1,88	1,77	1,52	1,68	1,44	1,47	1,35
n-Buttersäure	9,1	8,6	9,1	9,2	12,0	11,1	10,7	10,1
2-Methylbutters.	2,47	2,37	2,70	2,74	3,87	3,23	3,17	3,06
i-Valeriansäure	1,41	1,18	1,17	0,99	1,14	0,92	0,84	1,12
n-Valeriansäure	2,55	2,51	2,54	2,45	3,11	3,13	2,67	2,86
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	105,5	94,7	104,7	99,6	115,8	108,2	102,7	95,0
Pansensaft - pH	6,26	6,41	6,11	5,94	5,28	5,54	6,23	6,01

Tabelle 62: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 18 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	10.00	12.00	14.00	16.00	22.00
Essigsäure	56,1	49,6	50,8	57,5	48,0	57,2
Propionsäure	13,7	12,6	12,2	16,3	12,5	14,8
i-Buttersäure	0,80	0,74	0,77	0,80	0,70	0,68
n-Buttersäure	6,8	6,1	6,28	7,6	5,9	7,3
2-Methylbuttersäure	0,59	0,52	0,53	0,54	0,44	0,52
i-Valeriansäure	0,38	0,38	0,30	0,35	0,38	0,30
n-Valeriansäure	0,41	0,49	0,58	0,58	0,50	0,60
Heptansäure	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	78,7	70,4	71,4	83,7	68,4	81,4
Pansensaft - pH	6,57	6,86	6,77	6,55	7,06	6,66

Tabelle 63: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 19 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	8.30	10.00	12.30	14.00	16.30	18.00	22.00
Essigsäure	50,5	53,4	57,3	48,3	54,1	53,3	57,9	73,6
Propionsäure	13,9	14,3	15,8	12,8	15,0	14,1	16,6	20,1
i-Buttersäure	1,03	1,07	1,08	0,97	1,04	1,02	1,02	1,04
n-Buttersäure	6,2	6,5	6,9	5,6	6,7	6,1	6,5	8,1
2-Methylbuttersäure	0,83	0,70	0,75	0,66	0,70	0,57	0,65	0,71
i-Valeriansäure	0,50	0,60	0,63	0,55	0,63	0,52	0,46	0,47
n-Valeriansäure	0,49	0,62	0,69	0,51	0,73	0,57	0,57	0,73
Heptansäure	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	73,4	77,2	83,2	69,4	78,9	76,3	83,7	104,8
Pansensaft - pH	6,73	6,72	6,55	6,78	6,63	6,60	6,39	5,85

Tabelle 64: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 24 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00
Essigsäure	48,4	47,4	46,9	46,6	44,5
Propionsäure	13,2	13,8	13,9	15,4	13,2
i-Buttersäure	0,65	0,61	0,59	0,59	0,49
n-Buttersäure	6,0	6,1	6,6	7,3	5,6
2-Methylbuttersäure	0,49	0,41	0,39	0,39	0,31
i-Valeriansäure	0,35	0,35	0,36	0,32	0,29
n-Valeriansäure	0,40	0,41	0,50	0,54	0,43
Heptansäure	-	-	-	-	-
Gesamt FFS	69,4	69,0	69,2	71,1	64,2
Pansensaft - pH	6,67	6,32	6,54	6,38	6,45

Tabelle 65: Konzentrationen der einzelnen Fettsäuren (in mmol/l), Gesamtkonzentration der FFS (in mmol/l) und gemessener pH in den Pansensaftproben des Meßtages in der Periode 6 nach 25 Wochen bei Kuh II

Entnahmezeit	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	2.00	4.00
Essigsäure			46,1	48,9	43,9	44,0	44,4	47,0	44,5	54,3	39,9	
Propionsäure			13,3	13,4	12,0	11,9	13,6	13,5	12,5	14,9	13,0	
i-Buttersäure			0,35	0,42	0,31	0,35	0,42	0,36	0,38	0,45	0,43	
n-Buttersäure			5,9	6,1	5,4	5,4	5,6	5,8	5,4	6,3	5,6	
2-Methylbuttersäure			0,21	0,25	0,23	-	0,24	0,21	0,21	0,26	0,30	
i-Valeriansäure			0,19	0,19	0,21	-	0,17	0,18	0,18	0,18	0,21	
n-Valeriansäure			0,55	0,46	0,42	0,31	0,48	0,49	0,40	0,44	0,39	
Heptansäure			-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gesamt FFS			66,6	69,7	62,5	61,9	65,0	67,5	63,6	76,9	59,8	
Pansensaft - pH	6,45	6,22	6,33	6,39	6,49	6,44	6,22	6,04	5,75	6,44	5,94	6,39

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. G. Dirksen für die Überlassung des Themas und für die mir stets gewährte Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Ebenfalls gilt mein besonderer Dank Herrn Prof. Dr. H. G. Liebich für die großzügig gewährte Unterstützung und Hilfestellung bei der Bearbeitung der morphologischen Aspekte dieser Arbeit.

Der Konrad-Adenauer-Stiftung e. V., Bonn, danke ich für die Gewährung des Graduiertenstipendiums und die erhaltene Förderung. Ebenso danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der H. Wilhelm Schaumann-Stiftung für die Sachmittelunterstützung.

Insbesondere danke ich allen Assistenten, Angestellten und Mitarbeitern der II. Medizinischen Tierklinik und des Institutes für Tieranatomie II für ihre stets freundliche und bereitwillige Hilfe bei der Durchführung der Arbeit. Herrn H. Riepl danke ich besonders für seine wertvollen Anregungen und Hilfestellungen bei der Gaschromatographie. Herrn C. Aigner danke ich für die Unterstützung bei der Betreuung der Tiere.

Herzlich danke ich Frau B. Stranzinger für die Fertigstellung der Schreibarbeiten.

L E B E N S L A U F

Name: Albrecht Johannes Pfahler

geboren am 26. November 1955 in München

Eltern: Johann Pfahler, Bauingenieur (verstorben 1972)

Hilde Pfahler, geb. Marschmeyer, Hausfrau

Verheiratet mit Felicitas Schultz-Pfahler, geb. Schultz

seit 13. November 1983

Schul- und Berufsausbildung:

- | | |
|---------------|--|
| 1962 - 1966 | Besuch der Volksschule an der Schwindstraße,
München |
| 1966 - 1969 | Besuch des Oskar-von-Miller-Gymnasiums in München |
| 1969 - 1973 | Besuch der Balthasar-Neumann-Realschule in
München und Erhalt der Mittleren Reife |
| 1973 - 1975 | Besuch der Obertrittsklasse der Hermann-Frieb-
Realschule in München |
| 1975 - 1978 | Besuch des Asam-Gymnasiums in München |
| 29. Juni 1978 | Abitur am Asam-Gymnasium, München |
| 1978 - 1981 | Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-
Universität München |
| WS 1981/82 | Studium an der Tierärztlichen Hochschule Wien |
| 1982 - 1984 | Fortführung des Studiums der Tiermedizin an der
LMU München |
| 24.9.1984 | Abschluß des Studiums mit der Tierärztlichen
Prüfung |
| 25.1.1985 | Erteilung der Approbation als Tierarzt |

seit Herbst 1984 Arbeit an der Dissertation

seit 1.4.1985 Stipendiat der Graduiertenförderung der Konrad-
Adenauer-Stiftung e. V., Bonn

